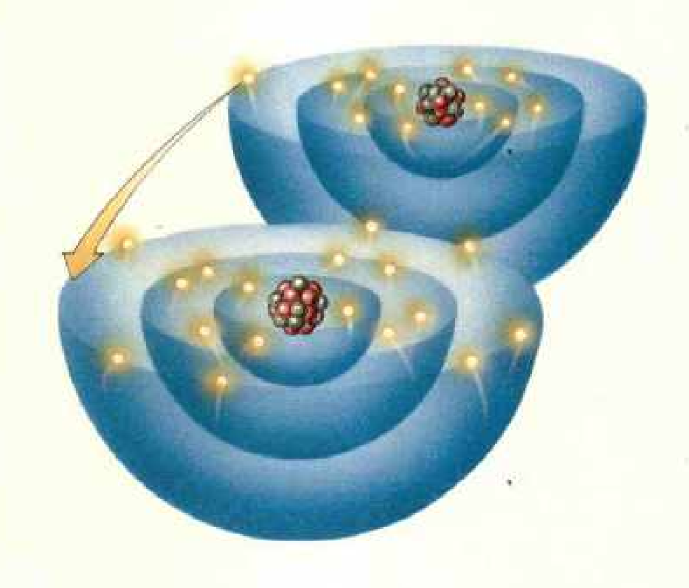
Mugool.com

المَوسُوعَة العِلميَّة الشَّامِلة



إعداد

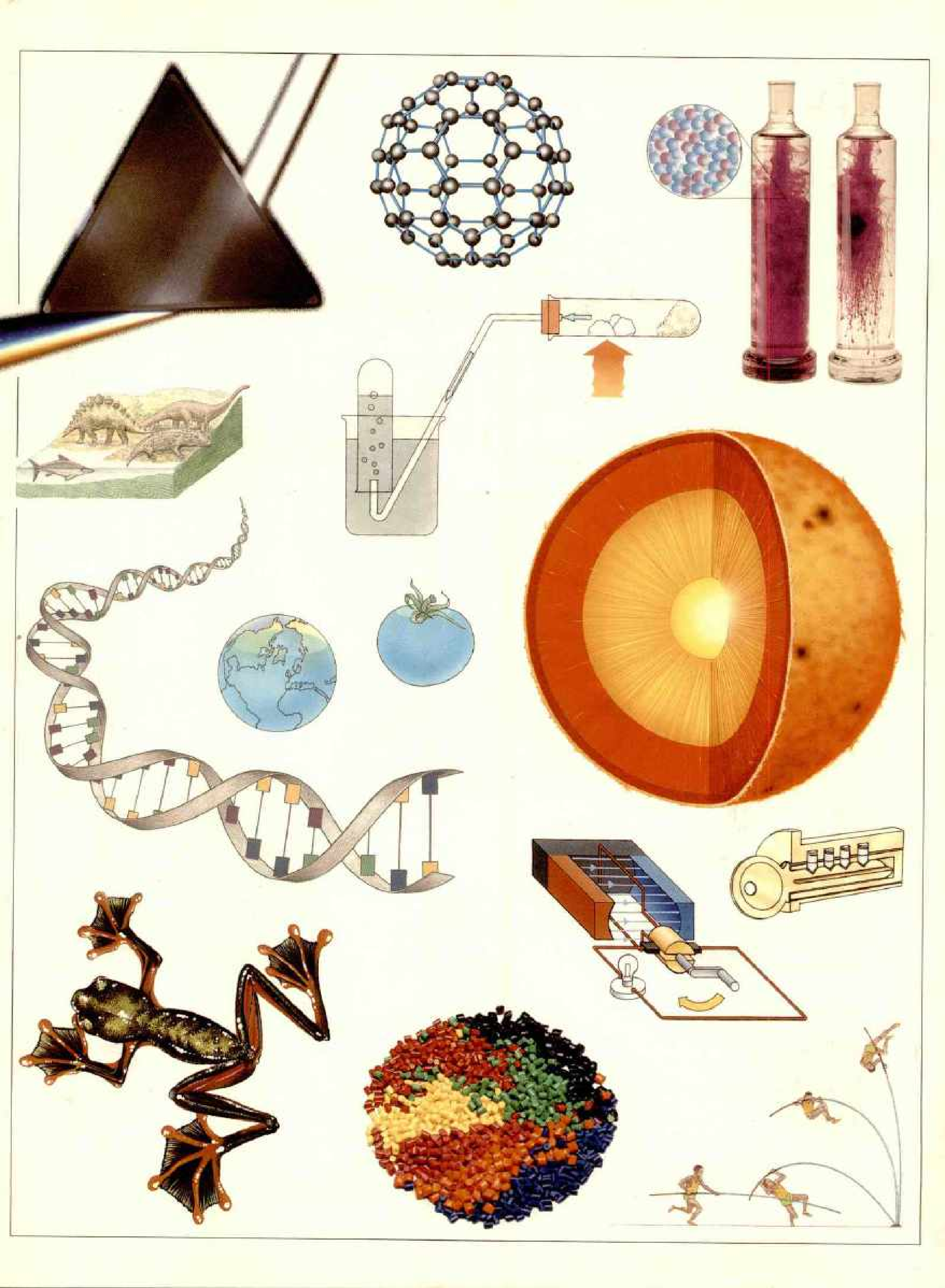
أحمد شفيق الخطيب

يوسف سليمان خير الله

رئيس التحرير

أحمد شفيق الخطيب

مكتبة لبنان ناشرون



المَوسُوعَة العِلْميّة الشّامِلة



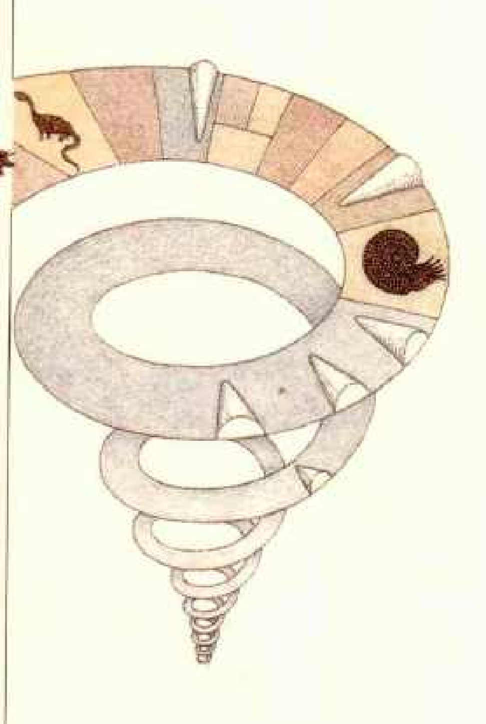
مكتبة لبنان ناشرون

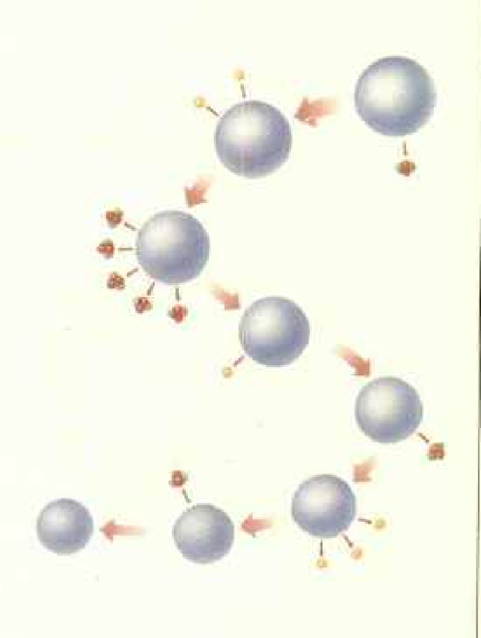
DK دورلنغ كندرسلي
مكتبة لبنان ناشرون ش.م.ل.

نشر مكتبة لبنان ناشرون
بالتعاون مع شركة دورلنغ كندرسلي

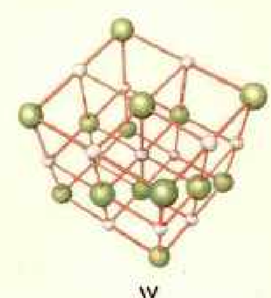
مكتبة لبنان ناشرون
صندوق البريد: ٩٢٣٢-١١
بيروت - لبنان
وكلاء وموزعون في جميع أنحاء العالم

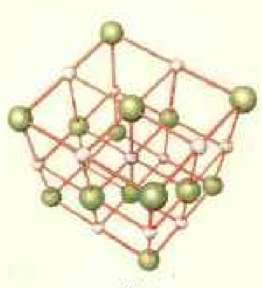
الطبعة الأولى: ١٩٩٨
طبع في لبنان
رقم الكتاب: 01R100200



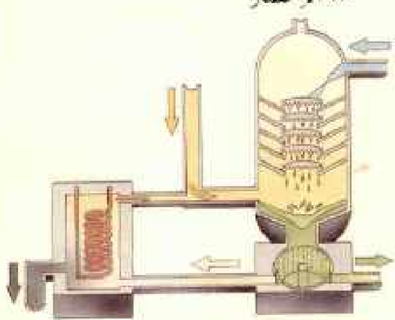


المُحْتَوَيات

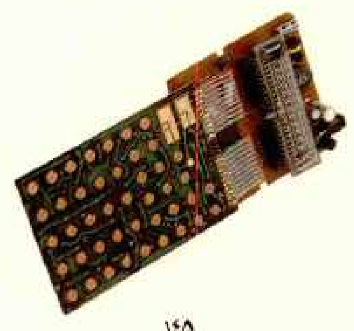












١٤٥
الكَهرباء والمِغْنَطيسيَّة



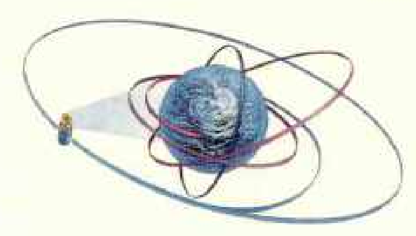
١٧٧
الصَّوْت والضَّوْء



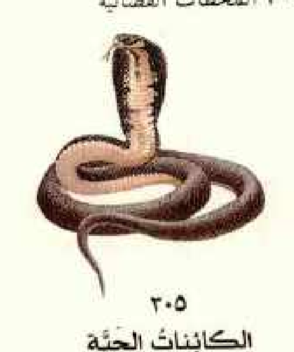
٢٠٩
الأَرْض



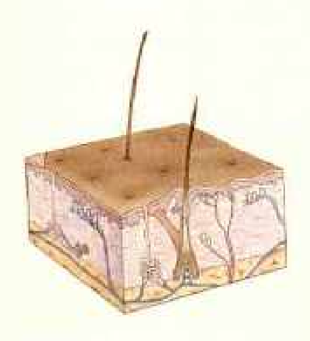
٢٤١
الطَّقْس



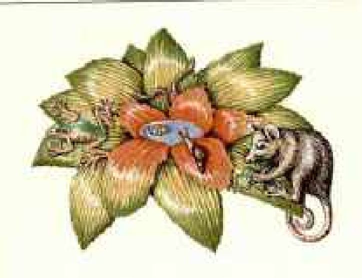
٢٧٣
الفضاء



٣٠٥
الكائناتُ الحيّة



٣٣٧
الكائنات الحيّة كيفَ تعْمَل



٣٦٩
البيئيّات

إرْشَادَاتٌ وإيْضَاحَات

تُبيِّن لكَ هَاتان الصفحتانِ طريقةَ استخدامِ الموسوعة وتقسيماتِها. هنالك اثنا عَشَر مَبحثًا عامًّا، كالتفاعلات والكائنات الحيَّة. وضِمنَ كلِّ مبحثٍ هنالكَ مداخلُ رئيسيَّة حولَ الموضوع، مثل كيمياء الأغذية أو الزواحف. عندما تطلُبُ مَدخلًا حول موضوعٍ مّا، أنْظُر أوّلًا موقعَه في صفحة المحتويات أو أُطلبه في الفِهْرِس لإيجاد الصفحات التي تحوي معلوماتٍ حولَ الموضوعِ الذي تُريدُه.

الفِهْرِسُ في نهاية الموسوعة يدرجُ كاملَ موادِّ الموسوعة ومداخلِها.

رقمُ الصفحة بالحرف العادي يُحيلُكَ إلى المَرجع ضِمنَ موادِّ الموسوعة.

رقمُ الصفحة بالحرف الأسود يُحدِّدُ المَدخلَ الرئيسيّ.

أمّا رقمُ الصفحة بالحرف المائل فيُحيلُكَ إلى الصفحات ضِمنَ قسم حقائق ومعلومات.

ـار ومُحيطات ~ ٢٣٤
بدايات الحياة على ~ ٢٠٧
براكين ~ ٢١٦-١٧
بِنْيَة ~ **٢١٢-١٣**، ١٤٤
تجوية ونَحات سَطح ~ ٢٣٠-٣١
حُرْث ~ بة ٢٣٢
المُناخية لِ ~

يُدْرِجُ الفِهْرِسُ قائمةً بجميع مواضيع الموسوعة والصفحات التي تعالجُ هذه المواضيع.

كُلُّ مَدْخلٍ رئيسيٍّ مُعالَجٌ في صفحةٍ او صفحتين.



صفحاتُ المحتويات تدرجُ قائمةً بموضوعِ كُلِّ صفحةٍ تحتَ عُنوان مبحثِه العام.

المَباحِثُ العِلْميَّة

المعلوماتُ في هذه الموسوعةِ مُرتَّبةٌ حسبَ المواضيع. فكُلُّ مَدخلٍ يُعطي معلوماتٍ وافيةً عن موضوعٍ مُعيَّن؛ وهذا يناسِبُ بخاصةٍ الطلّابَ الذين يُحضِّرون مشاريعَ عمليةً علميةً. وبمُراجعة صفحاتٍ أخرى في القِسْم نفسِه يُمكنُكَ أن تتقصَّى جوانبَ الموضوعِ وتستوعبَ تفاصيلَه. هذه الصفحةُ عن موضوعِ التحليل الكيماويِّ مثلًا، هي من قِسْم التفاعُلات. فالكلماتُ والصُّوَر تبرزُ مواضيعَ أخرى وثيقةَ العلاقةِ بهذا الموضوع، كالاسْتِشراب واختبارات اللَّهَب، بأسْلوبٍ واضحٍ مُشوِّق.





المَسَاراتُ التَّأريخيَّة

يتصدَّرُ الموسُوعةَ أربعةُ مَساراتٍ تأريخيّة تعرِضُ التَسَلْسُلَ الزمنيَّ لتطوُّرِ فروعِ العلمِ المختلفةِ مِن أقدمِ العصورِ حتّى العَصرِ الحاضِر. تتمحوَرُ هذه المساراتُ حولَ المباحثِ التالية: المادَّة، الطاقة، الأرض والفضاء، والكائنات الحيَّة.

البِنْيَةُ الذَّرِّيَّة تُبيِّنُ لكَ طبيعةَ الذرّاتِ ومُكوِّناتِها.

في موضوع «مصادرِ الضَّوء» شرحٌ لأسبابِ انبعاث الذرّات للضوءِ عندَ إحمائها - وكيفَ أنّ خطوطَ الطيفِ الضَّوئي المُنبَعِث من العُنصرِ تستخْدَمُ لتحديدِ هُويَّته.

الوراثيّات تُبيِّنُ لكَ كيفَ أنّ الراموزَ الكيماويَّ في د ن أ يَجعلُ كُلَّ مخلوقٍ فريدًا.

لمزيدٍ من المعلومات انظُر

البِنْيَة الذَّرِّيَّة ص ٢٤
المُرَكَّبات والمَزيجات ص ٥٨
فَصْل المَزيجات ص ٦١
مصادرُ الضَّوء ص ١٩٣
الوراثيّات ص ٣٦٤
حقائق ومعلومات ص ٤٠٤

لِمَزيدٍ من المعلومات

في أسفلِ الزّاويةِ اليُسرى من كُلِّ صفحةٍ إطارٌ يُدرَجُ ضِمنَه قائمةٌ بصفحاتٍ أخرى من الموسُوعة تجدُ فيها مَزيدًا من المعلوماتِ عن موضوعِ بَحثِكَ. مثلًا إطارُ «المزيدِ من المعلومات» في صفحة **التحليل الكيماويّ** يُوردُ قائمةً من ستة مداخلَ وثيقةِ العلاقة بالموضوع مع أرقامِ صفحاتها.



إطارُ «لمزيدٍ من المعلومات» عن **مصادر الضَّوء** يُحيلُكَ إلى أربعة مَداخلَ ذاتِ علاقةٍ بالموضوع هي: الغازاتُ النبيلة، التفاعُلاتُ الكيماويّة، موارِدُ الكَهرباء، والألوان.

المَداخِلُ الرَّئيسيَّة

المعلوماتُ في كُلِّ صفحةٍ معروضةٌ بأسلوبٍ سَهْلٍ يُيَسِّرُ متابعةَ الموضوعِ واستيعابَه. إبدأ أوَّلًا بقراءةِ التمهيد، ثمّ انتقل إلى المداخلِ الفرعيَّة، وبعد ذلك اقرأ كلامَ الصُّوَرِ والشُّروحِ والحَواشي التوضيحيَّة.

التمهيد

كُلُّ مَدْخلٍ رئيسيّ يبدأ بعرضٍ تمهيديٍّ يشْرح الموضوعَ بوُضوح، بحيث تتكوَّنُ لديكَ فكرةٌ وافيةٌ عن مضمون الصفحة.

مَدْخَلٌ فَرْعيّ

المدخلُ الفَرعيُّ يتبعُ ثاني أكبرِ العناوين في الصفحة. وهو يُعالِجُ بشيءٍ من التفصيل مُختلِفَ جوانبِ المدخلِ الرئيسيّ. فمثلًا عناوينُ المداخلِ الفرعيَّةِ عن النظريَّةِ الحَرَكيَّةِ تدورُ حَوْلَ الانتشارِ والتمَدُّد، وكِلاهما مَثَلٌ مُهِمٌّ على النظريَّةِ الحَرَكيَّة.

الصُّوَرُ والرُّسوم

جميعُ صفحاتِ الموسوعةِ حافلةٌ بالصُّوَرِ والرُّسومِ التوضيحيَّة. هذه الصورة لانتشارِ البروم أُخذت في مختبرٍ خصّيصًا لِتعرِضَ لَكَ حقيقةَ ما يَحْصُلُ بوُضوح.

عُنوان القِسْم

هذا العنوانُ يُذكِّرُكَ بالقِسْمِ الذي فيه موضوعُك. فمَدْخَلُ **النظريةُ الحركيَّةُ** مثلًا هو في قِسْمِ **التفاعُلات**.

عُنوان المَدْخل

العنوانُ الكبيرُ في أعلى الصفحة هو لِمَدْخلٍ رئيسيّ.



الخَرائط

خرائطُ الموسوعةِ هي من النوعِ الذي يعطيك المعلوماتِ الجغرافيَّةَ بِنَظْرةٍ سريعة. هذه الخارطةُ مثلًا، في إحدى الصفحاتِ عن المنظوماتِ البيئيَّةِ الجبليَّة، تُبَيِّنُ مواقعَ سَلاسِلِ الجِبالِ الرئيسيَّةِ في العالم.

أُطُر التواريخ

في العديدِ من الصفحات، هنالك إطارُ تواريخَ تُبرزُ أهمَّ المُنْجزاتِ في المجالِ المعيَّنِ بترتيبٍ زمنيّ. هذا الإطارُ مثلًا في صفحةِ الآلاتِ البصريَّةِ يُبَيِّنُ تواريخَ بناءِ أهمِّ التِّلسكوبات في العالم.

التِّلِسْكوبات المُهِمَّة

١٧٨٩ تِلِسْكوب وليم هِرشِل، انكلترا، قطره ١٫٢٣ متر

١٨٤٥ تِلِسْكوب لورد روس، إيرلندا، قطره ١٫٨٣ متر

١٩١٧ تِلِسْكوب جبل ويلسون، كاليفورنيا، قطره ٢٫٥٤ متر.

١٩٤٨ تِلِسْكوب هِيل العاكس، بالومار، كاليفورنيا، قطره ٥ أمتار.

١٩٧٦ تِلِسْكوب جبل سيمرودريكي قطره ٦ أمتار.

١٩٩٢ تِلِسْكوب كِك، هاواي، قطره ١٠ أمتار.

النَّظَريَّةُ الحَرَكيَّة

(صفحة نموذجيّة من قسم التفاعلات، ٥٠)

السِّيَر

يتضمَّنُ الكثيرُ من الصفحاتِ فقراتٍ عن العُلَماءِ والمُخترعينَ المَرموقينَ تحكي سِيَرَ حياتِهم في الزَّمانِ والمكان، وتُبرِزُ أشهرَ إنجازاتِهم.

الرُّسومُ الإيضاحيَّةُ المُقْتَطعة

الرُّسومُ الإيضاحيَّةُ في بعضِ الصفحاتِ مُقْتَطعةٌ لِكشفِ دواخِلِ الأشياءِ والكائناتِ الحيَّة. فهذا الرسمُ للفُطْرِ الغاريقونيِّ الظِّلِّيِّ الرأس يُبَيِّنُ مُكوِّناتِه وخصائصَه الحَيويَّة.

أُطُر المعلوماتِ الخاصَّة

ستجِدُ في بعضِ الصفحاتِ أُطُرًا تَضُمُّ معلوماتٍ تُبْرِزُ جوانبَ مُعَيَّنةً من مَدْخلٍ رئيسيّ. هذا الإطارُ مثلًا، يُعالِجُ الحَرَكةَ البراونيَّةَ (التَّفَشّان) التي يمكنُ شرحُها بالنظريَّةِ الحَرَكيَّة.

الرُّسومُ الإيضاحيَّة

تَحْفَلُ صفحاتُ الموسوعةِ العلميَّةِ بالرسومِ الإيضاحيَّةِ الواضحةِ والمفصَّلةِ لِتُساعدَكَ على استيعابِ المفاهيمِ العِلْميَّة.

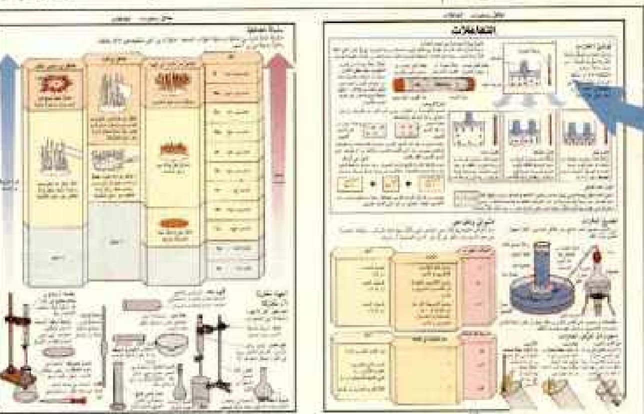
كَلامُ الصُّوَرِ والحواشي التَّفسيريَّة

لِكُلِّ رسمٍ إيضاحيٍّ كلامُه وتعليقاتُه، وغالبًا ما يُلْحَقُ بهذه الرُّسومِ حواشٍ تفسيريَّةٌ (بحَرفٍ مائل) أيضًا؛ وهذه جميعُها تُبْرِزُ تفاصيلَ مُهِمَّةً ضِمْنَ الرَّسْمِ أو الصُّورةِ الفوتوغرافيَّة.

حَقائق ومعلومات

قِسْمُ «حقائق ومعلومات» في نهايةِ الموسوعةِ يَزْخَرُ بالمخطَّطاتِ والحقائقِ والأرقامِ حول جميعِ مواضيعِ الموسوعة. هاتان مثلًا، صفحتان من **قِسْمِ التفاعُلات**.

جدولٌ تراتُبيٌّ بتسَلْسُلِ التَّفاعُليَّةِ لأهمِّ الفِلزّاتِ يُبَيِّنُ بالرُّسومِ والشَّرحِ التفاعُلاتِ المتوقَّعةَ عند مَزْجِها بموادَّ مُتنوِّعة.



عرضٌ واضحٌ لنصوصِ قوانينِ الغازات، وشرحٌ لها بالأمثلةِ والرُّسوم.

الاختباراتُ المُختلِفةُ لتعيينِ هُوِيَّةِ بعضِ الغازاتِ المشهورةِ مُوضَّحةٌ بالشَّرحِ والرُّسوم.

جَدولٌ يُبَيِّنُ معاني السوابقِ واللواحِقِ في المسمَّياتِ الكيماويَّة.

عرضٌ بالكلمةِ والصُّورةِ لأهمِّ التجهيزاتِ الكيماويَّةِ المُستخدَمةِ في مُختبرِ العُلوم.

الاختصارات

بعضُ الكلماتِ استُخدمت بشكلِها المُختصَرِ في الموسوعة. وفي القائمةِ التاليةِ تفصيلٌ لما تُمثِّلُهُ هذه الاختصارات:

سْ° = درجة الحرارة بمقياس سِلسيوس (سنتيغراد)

ملم = مليمتر

سم = سنتيمتر

م = متر

م/ث = متر في الثانية

كم = كيلومتر

كم² = كيلومتر مُرَبَّع

كم/سا = كيلومتر في الساعة

غ = غرام

كغ = كيلوغرام

ل = لِتْر

سم³ = سنتيمتر مُكَعَّب

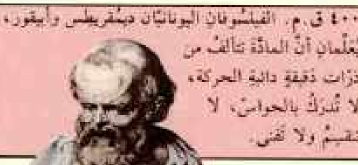
ح. قبل تاريخٍ مُعَيَّن = حوالي

ق.م. = قبل الميلاد (قبل ميلاد المسيح)

ب.م. = بعد الميلاد



تَعرَّفُ خَفايا المادَّة



٤٠٠ ق.م. الفيلسوفان اليونانيّان ديمقريطس وأبيقور، يُعلِّمانِ أنّ المادّةَ تتألّفُ من ذرّات دقيقة دائبة الحركة، لا تُدرَكُ بالحواسّ، لا تنقسِمُ ولا تَفنى.

ديمقريطس

ظلَّ الناسُ على مدى مئات السّنين يعتقدون بمَقولة أرسطو إنّ عناصرَ المادّة الأساسيّةَ أربعةٌ هي: النارُ والماءُ والترابُ والهواء.

إعتبر أفلاطون أن هذه المجسّمات تمثّلُ ذرّات العناصر الأربعة: النار والماء والتراب والهواء.

٣٠٠ ق.م. كان الفيلسوفان اليونانيّان، أفلاطون وأرسطو يعتقدانِ بإمكانِ استمراريّةِ تقطيعِ المادّةِ إلى قِطعٍ أصغرَ فأصغر.

١٥٠٠-١٧٠٠

الحِرَفيونَ المَهرة، كالمُعدِّنين والصبّاغين والخزّافين، هُم جراءُ الثّقافات الصناعيّة.

١٦٦١ إرتأى العالِمُ الايرلنديّ، روبرت بُويل، أنّ مَقولة ديمقريطس (الذرّات الدقيقة المتحركة) أفضلُ من عناصرِ أرسطو الأربعة لتفسير التفاعُلات الكيماويّة.

تنتشر جُزيئات الغاز (البروم) في هواء الجُرَّة.

١٧٠٠-١٨٠٠

تترابطُ ذرّاتُ الصوديوم والكلور لتكوّن كلوريد الصوديوم (ملح الطعام).

العالمُ البريطاني السِّير إسحق نيوتن (١٦٤٣-١٧٢٧) يقول بإمكانية تجاذُبِ الجُسيمات الدقيقة وتنافُرِها.

عُلماءُ العصر يُفسّرونَ الاحتراق بفرضيّة انطلاق اللاهوب (العنصر الملتهب اللامنظور المتواجد في الموادّ القابلة للاحتراق).

الباحِثونَ يدرسونَ الحرارةَ ويستقصون خصائصَ الغازات المكتشفة حديثًا مثل ثاني أكسيد الكربون.

العالمُ الفرنسي أنطوان لافوازيه (١٧٤٣-١٧٩٤) يبيّنُ دور الأكسجين في الاحتراق وتفاعُلات أخرى، ويدحَضُ فرضيّةَ اللاهوب.

استخدام القِطع الفولاذيّة في السُّفن البخاريّة.

١٨٠٠-١٩٠٠

حديدٌ جيّدُ النوعيّة ورخيص يُستخدَمُ في صِناعة الفولاذ.

١٨٠٨ الكيماويّ البريطانيّ، جون دالتون، يُدخِلُ المفاهيمَ العصريّةَ للعناصر والمركّبات وتألُّفها من ذرّات وجُزيئات.

١٨٣٠ الكيميائيونَ الألمان يركّزون على الكربون كأساسٍ للكيمياء العُضويّة (كيمياء الكائنات الحيّة).

يتكوّنُ الفحمُ أساسًا من الكربون.

إختراعُ محرّكاتِ الاحتراق الداخلي باستخدام الغاز أو البنزين كوقود.

١٨٦٩ الكيماويُّ الروسيُّ، ديمتري مندليف، يبسُطُ الجدول الدَّوري الذي يُرتّبُ العناصرَ في مجموعاتٍ متماثلة تبعًا لأوزانها الذّريّة.

الجدْول الدّوري للعناصر

استخدام الأشباغ والخُشُب الاصطناعيّة لتلوين الحِبر.

ظُهورُ صِناعات كيماوية مهمّة جديدة في ألمانيا تشملُ تَصنيعَ الأدوية والأصباغ.

١٨٩٧ إكتشافُ الإلكترونات بواسطةِ الفيزيائيّ البريطانيّ، ج. ج. طومسون، يبيّنُ أنّ الذّرات ليست أصغرَ الجُسيمات.

في العام ١٩١٣ اكتُشِفَ أن الذرّة تحوي نواةً صغيرةً يُحيط بها إلكترونات أصغر.

١٩٠٠-٢٠٠٠

١٩٣٩-١٩٤٥ البحثُ يتركّزُ خلالَ الحربِ العالميّة الثانية على صناعة القُنبلة الذريّة وعلى عقار البنسلين، المُضادّ الحيويّ الفعّال ضِدّ البكتيريا.

العُلماءُ يَسبُرونَ بَواطنَ النواة المركزيّة للذّرات، واكتشافُ جُسيماتٍ أصغرَ بكثير من الذرّة كالبروتونات والنيوترونات.

الكثير من الأجهزة والأدوات تُصنع من اللدائن.

إنتاجُ الأجهزةِ التلفونيّة بالجملة من لدينة الباكليت الراتنجيّة الصُّنعيّة، وتطوُّرُ صِناعة اللدائن إلى صِناعة عالميّة كُبرى.

استخدامُ الأشعّة السّينيّة، المُصوِّرة بالأنسجة أصلًا، مُلتقطَةً لِتوفير معلومات طبّيّة مُفيدة، وتمكين الأطبّاء من مُشاهدة دواخلِ الجسم وتشخيص العِلل فيه.

تَصنيعُ الملابس الرخيصة من الأقمشة الاصطناعيّة كالنّيلون.

تُمدَّدُ لدينةُ النّيلون المُصنّعةُ عبر الثقوب، خيوطًا جامدة متينة تُغزَلُ وتُلَفُّ على بكَرات.

يُواصِلُ الفيزيائيّون اكتشافَ جُسيماتٍ صُغريّةٍ دُونَ الذريّة أصغرَ فأصغرَ مثل الكواركات.

اكتشاف الكواركات داخل البروتونات والنيوترونات.

لا يزالُ العُلماء يحاولونَ تقصّي أصْلِ الكوْن وبدايات خَلْقه.



تعرَّفُ خفايا الطَّاقة واستخداماتُها

الحضاراتُ الأُولى تعتمدُ على قدرة الرياح وعلى القوة العضلية في السَّفَر والبناء، وتستخدمُ الخشبَ كمصدرِ حرارة.

عالِمُ الرياضيات اليوناني، أرخميدس، يضَعُ مبادئَ علْم الميكانيكا ويخترعُ الكثيرَ من البسائط والآلات المُهمَّة.

لَوْلَب أرخميدس

على مدى مئات السِّنين، ظلَّت نظرياتُ وأفكارُ الفيلسوف اليوناني، أرسطو، مُسيطرةً على مختلف مجالات الفِكر والمعرفة.

١٥٠٠-١٧٠٠

الفيزيائيُّ وعالِمُ الفلَك الإيطالي، غاليليو، يُؤكِّدُ على استخدام التجربة والاختبار والقوانين الرياضية في تقصِّي أسرار الطبيعة.

جهازٌ لِيُبَيِّنَ تجارب غاليليو على المقذوفات.

١٦٨٧
إسحق نيوتن
ينشُر نظريتَه عن الجاذبية، بقانون رياضي فريد يُحدِّدُ حَرَكَة الكواكب البعيدة كما يُحدِّدُ حَرَكَة الأشياء على الأرض.



١٧٠٠-١٨٠٠

النقاشُ يحتدمُ لسنواتٍ عديدة بينَ مُؤيِّدي نيوتن في أنَّ الضوء يتألَّفُ من جُسيمات دقيقة وبين مُؤيِّدي الفيزيائيِّ الهولندي، هيجنز، في أنَّ الضوء ذو طبيعةٍ تموُّجيّة.

١٧٤٥
إختراع وعاء لَيْدِن، الذي يَخزُنُ الشحنات الكهربائية الساكنة، يُمكِّنُ العُلماء من إجراء تجارب كهربائية جديدة.

١٧٦٠-١٧٧٠
المحركاتُ البخاريةُ الأولى تَحُلُّ مَحَلَّ الأحصنة في ضخّ الماء من مناجم القصدير وتطوُّرُ المحركات البخارية لاحقًا إلى قاطرات.

١٧٩٩
اليساندرو فولتا، في إيطاليا، يخترعُ البطاريةَ، أوّلَ مصدرٍ للكهرباء التيّاريّة.

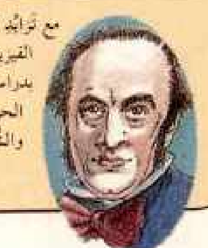
١٨٠٠-١٩٠٠

باستخدامهم تقنياتٍ رياضية مُتقدِّمة واختباراتٍ دقيقة، الباحثون الفرنسيون يُوطِّدون النظريةَ المَوْجيّة للضوء.

١٨٢٠-١٨٣١
العالِمُ البريطانيُّ، مايكل فارادي، يستخدمُ قُوى التجاذُب والتنافُر المغنطيسيّة كأساسٍ لصُنْع الدينامو (المُولِّد الكهربائي) عِماد توليد الكهرباء الصناعيّة والمنزليّة.

المحركاتُ البُخاريةُ تُمِدُّ بالطاقة المعامِلَ الجديدة والقطارات، جاعلةً من بريطانيا أُولى البُلدانِ الصناعيّة في العالَم.

مع تزايُدِ أهميّة المُكنات، يقومُ الفيزيائيون والمهندسون بدراسة العلاقات بين الحرارة والقُدرة والشُّغل.



العالِمُ البريطاني، جيمس جُول (١٨١٨-١٨٨٩) يُحدِّدُ العلاقةَ بين الشُّغل والحرارة (بإيجاد المُكافئ الميكانيكي للحرارة)

١٨٨٨
الفيزيائي الألماني، هنريخ هِرْتز، يبعثُ أمواجًا راديوية (لاسلكيّة) في مُختبره، وهو اكتشاف علمي بالغُ الأهميّة.

شبكاتُ الغاز والكهرباء تبدأُ في تغيير أساليب الصناعة ونمط حياة الناس اليوميّة أيضًا.

اختراعُ الحاكي (الفونوغراف) وأفلام السينما المتحركة، وقيامُ صناعات التسلية والترفيه.

١٩٠٠-٢٠٠٠

١٩١٥
العالِمُ الألماني المولد، ألبرت أينشتين، يُحدِثُ تغييرًا جذريًّا في آرائنا حول الكَوْن بإخراجه النظريةَ النسبيّةَ العامة على أُسسٍ رياضيّة.

في العام ١٩١٩، ارتأى أينشتين أنّ مسارَ شعاعٍ ضوئيٍّ ينحني بالجاذبية. وقد تأكّد ذلك بالمُشاهدات التي أُجريت على ضوء النجوم أثناء كُسوف الشمس.

النظرياتُ الحديثة لميكانيكا الكَمّ تُحدِّدُ طبيعةَ الضوء كسَيْلٍ من الفُوتونات الدقيقة تعملُ كأمواجٍ وكجُسَيْمات.

العلماء يتفهّمون النشاطَ الإشعاعي أكثر فأكثر بتقصّيهم البِنْيةَ الداخليّةَ لِنَواة الذرّة.

١٩٤٥
العالَمُ يُذهَلُ بالقُدرةِ التدميريّة للقُنبلة الذريّة بعد قُنبلتي هيروشيما وناغازاكي.

المحطّاتُ الحديثة لِتوليد الكهرباء تُسخِّرُ الطاقةَ النوويّةَ لأغراض السَّلام.

حُزَمُ الضوء الفائقة القدرة التي تُنتجُها الليزر سُرعانَ ما يُوجَدُ لها استعمالاتٌ عِدّة في الفيزياء والصناعة والطبّ.

حُزمة ليزر

سُرعاتُ السَّفَر تتزايدُ بينما يَحُطُّ الأمريكيّون على سطح القمر وتكمِلُ الكونكورد رحلتها البِكْر عام ١٩٦٩.

١٩٧٩
بدراستهم للقُوى الكونيّة الأربع، يربُط الفيزيائيونَ بنجاحٍ بين القوى الكهرمغنطيسيّة وبين القوى النوويّة الضعيفة.

يتزايدُ اهتمامُ البيئيين باستخدام مصادر قُدرةٍ أكثر أمانًا لعدم إلحاق الضَّرر بالبيئة.

يُتابعُ العلماءُ استقصاءَ ما إذا كانت جميعُ المَجرّات في الكَوْن تحكمُها القوانينُ الفيزيائيّةُ نفسُها.



كانت الحضارات القديمة لديهم آراءٌ متباينةٌ حَوْلَ الكَوْنِ. فالهندوسُ يرونَ أنَّ الأرضَ يحملُها أربعةُ فِيَلةٍ تقفُ بدورها على ظهر نَجاةٍ ضخمة.

مُعظمُ فلاسفةِ الإغريق يرتأون أنَّ الأرضَ ثابتةٌ في مَركزِ الكَوْنِ.

ابتدع الإغريقُ خرائطَ مُنمَّقةً مُعقَّدةً للسَّماء، مُستوحاةً من اعتقادهم بالمخلوقات الأسطوريّة.

١٥١٠–١٧٠٠

١٥٤٣

عالمُ الفلك البولوني، كوبرنيكوس، يرتئي أنَّ سُلوكَ الأجرام السماويّة يمكنُ تعليلُه بصورةٍ أفضلَ إذا كانت الأرضُ هي التي تدور حَوْلَ الشمس.

صورةٌ طبقُ الأصل عن المِشكوب غاليلير ذي العدستَيْن

غاليلو يؤيّدُ نظريّاتِ كوبرنيكوس ويستخدمُ مِقرابًا (تِلِسكوبًا) لِرَصْدِ القمر والكواكب.

١٧٨١

عالمُ الفلك البريطاني، وليم هرشل، يرسمُ خرائطَ للنجوم ويكتشفُ كوكبًا جديدًا هو كوكبُ أورانُوس.

١٧٠٠–١٨٠٠

يتزايدُ تقبُّلُ وشيوعُ مفهومِ إسحق نيوتن ومقولتِه بنظامٍ كواكبيٍّ مركزُه الشمس، وتشدُّه إلى أفلاكه قُوى الجاذبيّة.

مِقياسٌ نيوتنيّ

الآلاتُ الحديثةُ الأكثرُ دقّةً تمكِّنُ الناسَ من تسجيل وجَمْع المعلومات عن جوّ الأرض. وينشأ بذلك عِلْمٌ جديد هو علمُ الأرصاد الجويّة.

بينما المُستكشِفون، من أمثال جيمس كوك، يقومونَ ببعثاتٍ علميّةٍ مديدةٍ تتحسَّنُ الخرائطُ وتتزايدُ المعلوماتُ المتجمِّعةُ عن الكثير من النبات والحيوان والمُجتمعات.

صفحةٌ من يوميّات هرشل

المركب الملكي المُنقر

١٨٠٠–١٩٠٠

مع توسُّع الامبراطوريّات الأوروبيّة انطلقت مشاريعُ واسعةُ المدى لِرَسم الخرائط والمخطَّطات الجُغرافية وقياس العالم من حولنا.

١٨٣٠

الجيولوجي البريطاني، تشارلز لايل، يرتئي أنَّ الأرضَ تخضعُ لتغيُّراتٍ تدريجيّة منذُ عُصورٍ طويلة.

تاريخٌ بيانيٌّ للكَوْن

١٨٦٨

غاز الهليوم، أحد أخفّ عناصر الأرض، يُكتشفُ في طيف الشمس.

تُبيِّنُ خطوطُ فراونهوفر في طيف الشمس العناصرَ المتواجدة في جوّها.

١٨٨٠–١٨٨٩

مُعظمُ العُلماء يرتأون أنَّ الضوءَ والكهرباء ينتقلان عَبْرَ وَسَطٍ غير منظور يُحيط بالأرض هو الأثير.

تتزايدُ ثِقةُ العُلماء بأنَّ تصوُّرَهم للكَوْن ومفاهيمَهم عنه كاملة.

١٨٩٦

الفيزيائي الفرنسي، هنري بيكريل، يكتشفُ النشاطَ الإشعاعيَّ الذي يجعلُ قياسَ عُمرِ الأحافير مُمكنًا.

١٩٠٠–٢٠٠٠

١٩٠٨

بناء تلِسكوبٍ جديد ضخم في مَرصد جَبَل ويلسون بكاليفورنيا في الولايات المتحدة.

على مدى ملايين السنين، تنجرفُ القارّاتُ بعيدًا بعضُها عن بعض.

رُغمَ سخريةِ الآخرين يتابعُ الجيوفيزيائي الألماني، ألفرِد واغنر، إيجادَ البراهين لِدَعم آرائه الجديدة حَوْلَ الانجراف القارّي.

١٩٣٥

يتواصلُ تنامي معرفتنا للكَوْن باكتشاف بلوتو، ودراسة المجرّات الأخرى.

بلوتو وقمره شارون

التِلِسكوباتُ الراديويّة تمكِّنُ من مَسْح واستطلاع الكَوْن البعيد. ويناقشُ العُلماء نظريّاتٍ حَوْلَ صيرورة الكَوْن وخلقِه.

ساتِلٌ ينطلقُ بعيدًا في الفضاء

العُلماءُ الأمريكيون والبريطانيون يُجرون قياساتٍ تؤكّدُ النظريات الثوريّة حَوْلَ الانجراف القارّي والتكتُّونيّة اللّوحيّة.

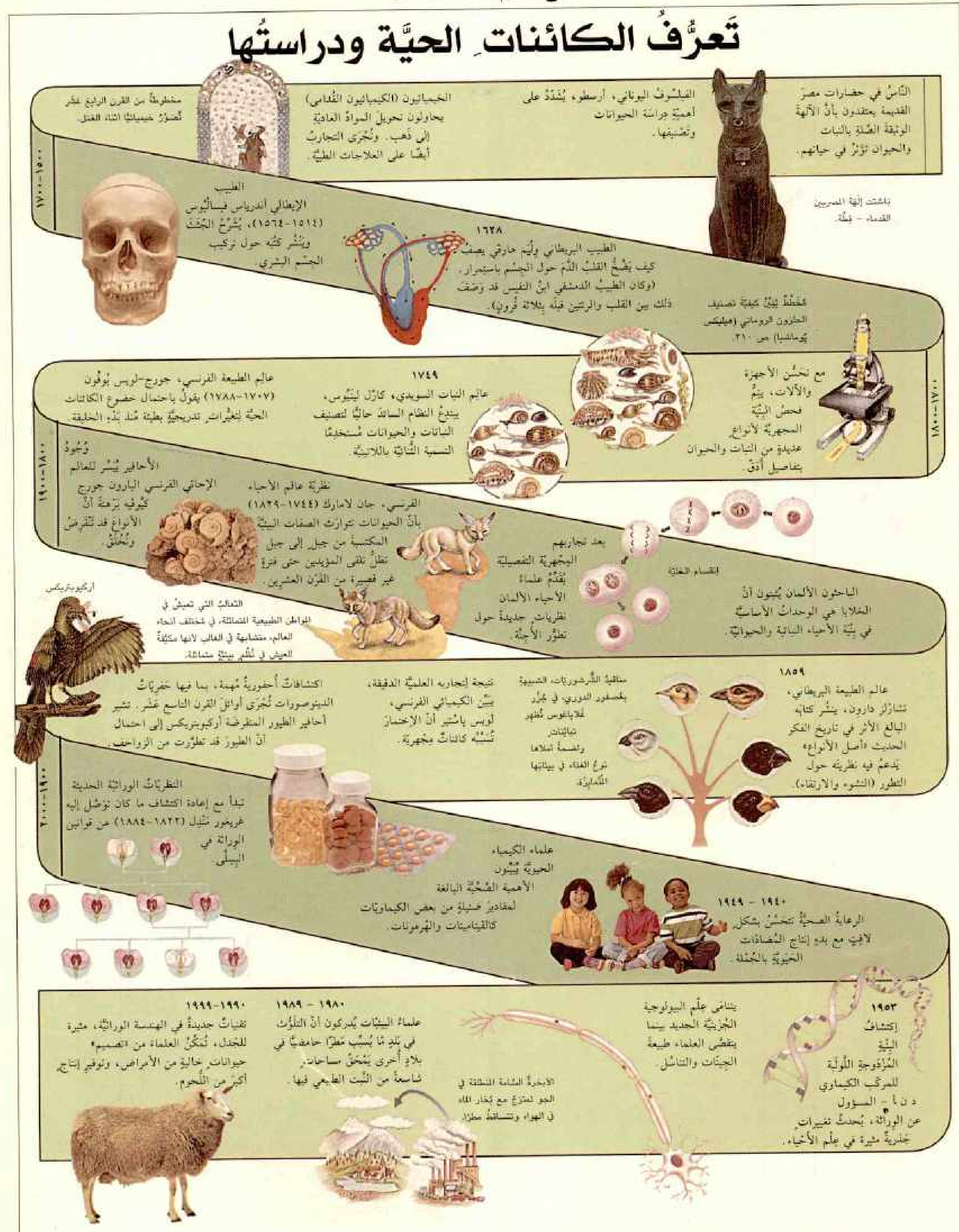
الأمريكيون والرُّوسُ يُطلِقون مركباتٍ فضائيةً مأهولةً لاستكشاف القمر ويُرسلون السَّواتِرَ بعيدًا في الفَضاء.

التنبُّؤ بأحوال الطقس يُصبِحُ بالغَ الدقّة بمساعدة الحواسيب الفعّالة والسواتِل الدائرة حَوْلَ الأرض.

العُلماءُ يطوّرونَ نظريّاتٍ فلكيّةً مُعقَّدةً حَوْلَ صيرورة الكَوْن في حادثٍ مُفردٍ فريدٍ يُسمّونه الانفجار العظيم.

يُمثِّلُ العُلماءُ الكَوْنَ كفُقّاعةٍ ضخمةٍ تتمدّدُ من نُقطةٍ صغيرةٍ حدثَ فيها الانفجار العظيم.

رُجَيْلةُ العودة في مشروع أپولو تنطلقُ من العربة القمريّة مُغادرةً سطحَ القمر عام ١٩٦٩.


تَعرُّفُ الكائناتِ الحيَّة ودراستُها
النّاسُ في حضارات مصرَ القديمة يعتقدون بأنّ الآلهة الوثيقة الصِّلة بالنبات والحيوان تؤثّر في حياتهم.
باشتت إلهة المصريين القدماء - قطّة.
الفيلسوفُ اليوناني، أرسطو، يُشدِّدُ على أهميّةِ دراسة الحيوانات وتصنيفها.
الخيميائيون (الكيميائيون القُدامى) يحاولون تحويلَ الموادِّ العاديّة إلى ذهب. وتُجرى التجاربُ أيضًا على العلاجات الطبيّة.
مخطوطةٌ من القرن الرابع عشر تُصوِّرُ خيميائيًا أثناء العمل.
١٥٠٠-١٧٠٠
الطبيب الإيطالي أندرياس فيساليوس (١٥١٤-١٥٦٤)، يُشرِّحُ الجُثثَ وينشُر كتُبَه حول تركيب الجسْم البشري.
١٦٢٨
الطبيب البريطاني وِلْيَم هارْفي يصفُ كيف يَضُخُّ القلبُ الدّمَ حول الجسْم باستمرار. (وكان الطبيبُ الدمشقي ابنُ النفيس قد وصَفَ ذلك بين القلب والرئتين قبله بثلاثة قرون).
مخطّطٌ يبيِّنُ كيفيّةَ تصنيف الحلزون الروماني (هيليكس يوماشيا) ص ٢١٠.
١٧٠٠-١٨٠٠
مع تحسُّن الأجهزة والآلات، يتِمُّ فحصُ البِنْيَة المجهريّة لأنواع عديدةٍ من النبات والحيوان بتفاصيل أدقّ.
١٧٤٩
عالِم النبات السويدي، كارْل لينيوس، يبتدِعُ النظام السائدَ حاليًّا لتصنيف النباتات والحيوانات مُستخدِمًا التسمية الثنائيّة باللاتينيّة.
عالِم الطبيعة الفرنسي، جورج-لويس بُوفون (١٧٠٧-١٧٨٨) يقولُ باحتمال خضوع الكائنات الحيّة لِتغيُّراتٍ تدريجيّةٍ بطيئة مُنذ بَدْء الخليقة.
١٨٠٠-١٩٠٠
وُجُودُ الأحافير يُبشّر للعالم الإحاثي الفرنسي البارون جورج كُوفِيه بَرْهنةً أنّ الأنواعَ قد تَنقرِضُ وتُخلَق.
نظريّةُ عالِم الأحياء الفرنسي، جان لامارك (١٧٤٤-١٨٢٩) بأنّ الحيوانات تتوارثُ الصفاتِ البيئيّةَ المكتسبةَ من جيلٍ إلى جيل تظلُّ تلقى المؤيدين حتى فترة غير قصيرة من القرْن العشرين.
الثعالبُ التي تعيشُ في المواطن الطبيعية المتماثلة، في مختلف أنحاء العالم، متشابهة في الغالب لأنها مكيّفةٌ العيشَ في نُظُمٍ بيئيّةٍ متماثلة.
بعد تجاربهم المجهرية التفصيلية يُقدِّمُ علماءُ الأحياء الألمان نظرياتٍ جديدةً حول تطوُّر الأجِنّة.
انقسام الخليّة
الباحثون الألمان يُثبِتون أنّ الخلايا هي الوحداتُ الأساسيّة في بِنْيَة الأحياء النباتية والحيوانيّة.
أركيوبتريكس
١٨٥٩
عالم الطبيعة البريطاني، تشارلز داروِن، ينشُر كتابه البالغ الأثر في تاريخ الفكر الحديث «أصل الأنواع» يَدعمُ فيه نظريّته حول التطور (النشوء والارتقاء).
مناقيرُ الشُّرشوريات، الشبيهة بعُصفور الدوري في جُزُر غَلاپاغوس تُظهر تبايُناتٍ وانسجامًا أملاها نوعُ الغذاء في بيئاتها المُتمايزة.
نتيجة لتجاربه العلميّة الدقيقة، يبيّنُ الكيميائي الفرنسي، لويس باستير أنّ الاختمارَ تُسبِّبُه كائناتٌ مجهرية.
اكتشافاتٌ أحفوريةٌ مُهمة، بما فيها حفريّاتُ الديناصورات تُجرى أوائلَ القرن التاسع عشر. تشير أحافير الطيور المنقرضة أركيوبتريكس إلى احتمال أنّ الطيورَ قد تطوّرت من الزواحف.
١٩٠٠-٢٠٠٠
النظريّاتُ الوراثيّة الحديثة تبدأ مع إعادة اكتشاف ما كان توصّل إليه غريغور مِنْدِل (١٨٢٢-١٨٨٤) عن قوانين الوراثة في البِسِلّى.
علماء الكيمياء الحيويّة يُبيّنون الأهمية الصِّحّيّة البالغة لمقاديرَ ضئيلةٍ من بعض الكيماويّات كالڤيتامينات والهرمونات.
١٩٤٠ - ١٩٤٩
الرعايةُ الصحيّةُ تتحسّنُ بشكلٍ لافِتٍ مع بدءِ إنتاج المُضادّات الحيويّة بالجُملة.
١٩٥٣
إكتشافُ البِنْيَة المُزدوجة اللّولبة للمركّب الكيماوي د ن أ - المسؤول عن الوراثة، يُحدِثُ تغييراتٍ جذريةً مثيرة في عِلْم الأحياء.
يتنامى عِلْم البيولوجية الجُزيئيّة الجديد بينما يتقصّى العلماءُ طبيعةَ الجينات والتناسُل.
الأبخرةُ السّامّة المنطلقة في الجوّ تمتزج مع بُخار الماء في الهواء وتتساقطُ مطرًا.
١٩٨٠ - ١٩٨٩
علماءُ البيئات يُدركون أنّ التلوُّث في بَلَدٍ ما يُسبِّبُ مطرًا حامضيًا في بلادٍ أخرى يَمْحَقُ مساحاتٍ شاسعةً من النّبت الطبيعي فيها.
١٩٩٠-١٩٩٩
تقنياتٌ جديدةٌ في الهندسة الوراثيّة، مثيرة للجَدَل، تُمكِّنُ العلماءَ من تصميم حيواناتٍ خاليةٍ من الأمراض، وتوفير إنتاجٍ أكبرَ من اللُّحوم.

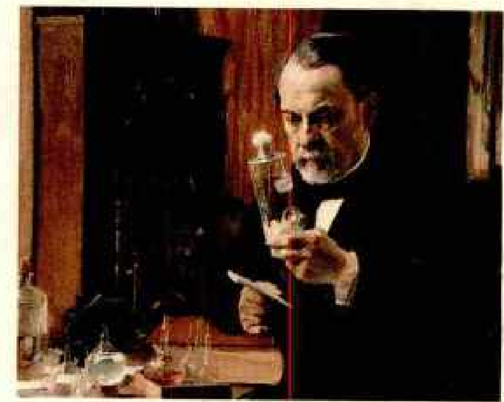
العُلَماء - كيف وماذا يعملون؟

العُلَماءُ أُناسٌ من مختلِف المشارب ومناحي الحياة، رجالًا ونساءً، همُّهم إدراكُ الحقيقة والمعرفة المنظمة حول مواضيع معيَّنة بمنهجيَّةٍ علميَّةٍ مُقرَّرة تؤدي إلى فَهْمٍ أفضلَ لحقائق الكَوْن وقوانينه وإيجاد طرائق وأساليبَ لتحسين العيش فيه. فمن تِقنيّ مِخبريّ يفحص الدمَ في مستشفى أو مستوصف إلى رياضيّ فيزيائيّ يدرس أصلَ الخليقة إلى عالم نباتٍ يجمع عيّنات النَّبت النادرة إلى كيماويّ يُطوِّرُ نوعًا جديدًا من مُنكِّهات الطعام، كلُّهم عُلَماءُ ينشُدون بالعِلْم عَالَمًا أفْضل.

جرّاحون يُجرون جِراحةً تجميليّة

العُلَماء - من هم؟

العُلَماءُ المعاصرون رجالٌ ونساءٌ محترفون اختصاصيون، يستهدفون بأعمالهم تَقصّي الكَوْن من حولهم، وابتداعَ طُرُقٍ فاعلةٍ جديدة لاستخدام مَوارده. قليلٌ من العُلماءِ يصبِحُ من المَشاهير إثْرَ اكتشافاتٍ باهرة فَذّة؛ ولكنّ الملايين منهم، بِعَملهم الدؤوب الدقيق والمُنضَبِط، يُسْهمون بتقدُّم المعرفة العلميّة وتحسين نوعيَّة الحياة.



لويس باستير (١٨٢٢-١٨٩٥) مُكتشفُ لقاحِ لداء الكَلَب.



مَثُوباتُ العِلْم

العلماءُ يُعِزُّون عَمَلَهم لأنهم يَجدون الرِّضا النفسيّ الذاتيّ فيه، ولأنّ التقدُّمَ العِلْميّ يُفِيدُ المُجْتمع.



تجربةُ قُنبلةٍ نَوويّة في صحراء نيفادا، بالولايات المتحدة الامريكية.

إيجابيّات العِلْم وسلبيّاته

يعتمدُ عالَمُنا الحديثُ على التلفونات والكهرباء والسيّارات واكتشافاتٍ واختراعاتٍ علميّةٍ أخرى لا تُحصَى. فحياةُ الملايين من البَشر أُنقِذَتْ بِفَضْلِ أدويةٍ كالپِنِسلين، أو لُقاحاتٍ كلَقاحِ الجدريّ. غير أنّ بعض الناس يُحمّلون العِلْمَ مسؤوليّةَ بعضِ الكوارثِ العالميّةِ النطاق كالقنابل الذرية والتلوُّثِ وترقيقِ طَبقة الأوزون.



مُنشأةٌ نَوويّةٌ في سلافيلد، إنكلترا

المسؤوليّةُ الأدبيّة

على السّياسيّين والاقتصاديّين والعُلماء والمُخطِّطين الاجتماعيين أن يُقرِّروا ما إذا كانت بعض التجارب كإثارة التفاعُلات في مُفاعلٍ نَوويّ أو محاولةِ تَصْحيح خَلَلٍ وراثيّ في طِفل ستعود على المجتمع بالنفع أو الضَّرر.

مَثوباتٌ شَخصيّة

كثيرٌ من الناس يتخِذُون العِلْم مِهنةً لأنّه يقدِّم لهم تحدّيًا مثيرًا. فتحقيق اكتشافٍ علميّ بارزٍ قد يجلُب معه الشُّهرة العالميّة والثروة والجوائز المُهمّة كجائزة نوبل.

الفرد نوبل (١٨٣٣-١٨٩٦)

فَريقُ البُحوث

الاختباراتُ العلميّةُ الحديثةُ بالغةُ التعقيد، لذا تجدُ مجموعةَ الباحثين يعملون كفريق. كُلُّ عُضو منهم يُسهم بمعارفه ومَهاراته الخاصّة لإنجاح العمل. بعضُ العُلماء يُنظِّمون عملَ الفريق ويراقبون أجهزة الاختبارات.

أين يعملُ العلماء؟

نُصَوِّرُ ونتصوّر عادةً أنّ العُلَماءَ يَعملون في مُختبراتٍ، لكنّ الكثيرَ من الدّراسات العِلْميّة ينبغي إجراؤها خارجَ المختبرات. فعِلْمُ البيئة (دِراسةُ النباتات والحيوانات في بيئاتها الطبيعيّة)، وعِلْمُ الأرْصاد الجويّة (دِراسةُ الطَّقس)، والبِسْتنة (عِلم تطوير وتحسين المحاصيل الزراعيّة) كُلُّها مَجالاتٌ عِلْميّة تتطلّبُ تجاربَ على الطبيعة خارجَ المُختبرات.



تقيسُ هذه العالمةُ سُرعةَ التحليق الصوتيّ في حقلٍ لإنتاج الزيت من بِزْر السَّلجم.

عالِمٌ يُجري تَجاربَ في الهندسة الوراثيّة.

الحَوَاسيب

كثيرًا ما تستخدمُ التجاربُ العلميّة الحواسيبَ لإجراء الحِسابات الرياضيّة الطويلة المُعقَّدة بِسُرعة ودقّة. وبمقدور هذه الحواسيبِ أيضًا تخزينُ وتنظيمُ مجموعات ضخمةٍ من الحقائق والمعلومات.



الأجهزةُ والمُعدّات العِلْميّة

تحملُ المناطيدُ المملوءةُ بالهِليوم أجهزةَ القياسِ إلى الجوّ لجَمْع المَعلومات عن درجات الحرارة والضغط وسُرعة الرياح على ارتفاعاتٍ مُختلفة.

الاختباراتُ العِلْمِيَّة

إجراءُ التجارب أساسيٌّ وضروريٌّ لازدهار العِلْم. فباختبارهم نتائجَ تغييرٍ بسيطٍ في العالم الطبيعيّ يستطيعُ العلماءُ الحصولَ على معلوماتٍ وأفكارٍ عن أسرار الطبيعة. وباختبارهم النظرياتِ المُختلفةَ ومُقارنتها، يستطيعون اختيارَ أفضلِها لتعليل أحداث الكَوْن من حولِهم وتطوير مُعَدَّاتٍ وكيماويّاتٍ وتقانات جديدةٍ فعّالة.

المُلاحظَة

بعضُ الاكتشافات المهمّة - كاختراع البطّاريّات الكهربائيّة الذي بَدَأ في القَرْن الثامن عَشَر بتجارب على الضفادع - هي نتيجةٌ لملاحظات العُلَماء حَوْلَ حَدَثٍ غيرِ عاديّ وإدراكِهم لأهمّيته ودَلالاته.

اليساندرو فولتا وبطاريته البِدائيّة، ١٧٩٩.

انحِناءُ الضَّوء المُنبَعِث من احد النجوم بفِعْل جاذبيّةِ الشَّمس.

التَّجارب

لا سبيل للتأكّد من صِحّة الأفكار الجديدة وصِدق فاعِليَّتها إلا بالتجربة. فقد اختُبِرت نظريّةُ النِّسبيّة لألبرت أينشتين خِلال كُسوفٍ للشَّمس لرؤية ما إذا كان الضوء من نجم بعيد يَنْحني، كما تقول النظريّة - فكان أن انحنى فعلًا. كذلك جرَّبَ لويس باستير لَقَاحَ داء الكَلْب على صبيٍّ كان قد عضَّه كَلْب. كما يُصمّم العُلَماءُ أيضًا تجاربَ لتبيان أيٍّ من نظريَّتَيْن مُتنافِسَتَيْن أفضلُ لتفسير ظاهرةٍ طبيعيّةٍ مُعيّنة.

تجميعُ المَعْلومات

بعنايةٍ ودِقَّةٍ بالغَتَيْن، يقومُ العُلَماءُ بتجميع المعلومات التفصيليّة عن كُلِّ شيءٍ في العالم من حَوْلِهم ويتبادلونها. فالنظريّاتُ العلميّةُ تعتمد على تفسيرِ وتحليلِ هذه المجموعة الهائلة من المُعْطيات. وقد أسهمت المنظومات الحاسوبيّة في جَعْل تجميع هذه المعلومات وتحليلها أكثر فعاليّة.

قَفَزَ الشَّرَرُ عندما سَرى التفريغُ البَرْقيّ في خيط الطائرة الورقيّة، وقد كان فرانكلين قد رَبَط فيه مِفْتاحًا.

التقصّي والاستِكْشاف

سَواءٌ أكانوا يتقصَّون تأثيرات عَقّارٍ جديد، أم البِنْية الباطنيّة للذرّة، أم حياة دُلفين، أم طبيعة الشَّمس، فالعُلماء يُجرون التَّجارب لاستِقصاء طبيعة الأشياء.

البَرْهَنَةُ العَمَليّة

قد تكونُ الاختباراتُ مُفيدةً في إقناع الناس بصِحّة إحدى النظريّات العلميّة. ففي تجربةٍ خَطِرةٍ مُثيرة صُمِّمت لبَرهنة أنّ التفريغ البَرْقيّ هو شكل من الكهرباء، طَيَّر بنجامين فرانكلين (١٧٠٦-١٧٩٠) طائرةً ورقيّةً أثناء عاصفةٍ رَعْديّة ليَجْتذِبَ الكهرباء من الجوّ.

التِقْنِيّاتُ والأساليب العلميّة

تُنَفَّذُ جميعُ الأعمال العِلْميّة بطُرُقٍ مُنَسَّقة ومَنْهجيّة. وقد طَوَّر العلماء أساليبَ متنوّعةً لمعالجةِ أنماطِ المعلومات المختلفة.

قسَّم تشارلز داروين الطيورَ المُغَرِّدة التي رآها في جُزُر غلاباغوس إلى أنواعٍ مُختلفة.

التَّصنيف

يُصنِّف العُلَماءُ الأشياءَ لإبراز عنصر النظاميّة في الطبيعة. فقد نُظِّمت النباتاتُ والحيواناتُ في أجناسٍ وفصائل. وفي مجال الكيمياء، يُرَتِّبُ الجَدْولُ الدَّوريّ العناصرَ في مَجْموعات دوريّةٍ تُبَيِّن العلاقات فيما بينها.

القِياس

للقِياسات الدقيقة دورٌ حاسمٌ في مجالات العِلْم والهندسة الحديثة. لذا كان على العلماء إيجادُ الوسائلِ والطرقِ لقِياس المسافات الهائلة العظم، كالتي بين النجوم، بالعناية والدِّقّة إيّاهُما اللتين يقيسون بهما حجمَ الخلايا البيولوجيّة والأبعادَ المتناهيةَ الصِّغَر للذرّات والجُزيئات.

يُستخدم الميكروسكوب الإلكتروني في دراسة الخلايا المِجْهريّة.

السَّواتِلُ روبوتاتٌ مُعقَّدة التركيب تُطْلَق في الفضاء.

المُعَدّات

الأجهزةُ المتطوّرة تُمكّنُ العُلَماءَ من معاينة دواخِل الذرّات المُتناهية الصِّغَر كما المجرّاتِ المتناهية البعد، ومن اكتشاف خفايا الطبيعة الحيّة وأسرارِها.

النَّماذِجُ والنَّظريّات

كما تُستخدَمُ الكراتُ الجغرافيّةُ كنماذجَ مُصغَّرة للأرض، هكذا يُطَوِّرُ العُلَماءُ النظريّاتِ، ويَضعُون القوانينَ الطبيعيّة، ويرسمون النماذج الرياضيّة لِتبيان نِظام الكَوْن وتعليله.

النَّظريّات

يستهدف العُلَماءُ في ما يضعونه من نظريّات ليس فقط تعليلَ المعلومات المُجَمَّعة بنجاح، بل شرح علاقة الأحداث المختلفة بعضها مع بعض والتَّنَبُّؤ بنتائج اختباراتٍ وأحداثٍ مُستقبليّة.

النَّماذِجُ الرِّياضيّة

قانونُ الجاذبيّة الشهير لاسحق نيوتن هو نَمُوذَجٌ رياضيٌّ يُعَلِّلُ تماسُكَ الكَوْن بعضه مع بعض.



إسحق نيوتن (١٦٤٣-١٧٢٧)

رَسْمٌ نَمُوذَجِيّ حاسوبيّ يُبَيِّن البِنْيَة المُزْدوجة اللَّوْلَبة لجُزَيء د ن أ.

النَّماذِجُ الطبيعيّة

اللَّوْلَب المُزْدوج هو نَمُوذَجٌ طبيعيٌّ لِبِنْية جُزَيء د ن أ، المركَّب الكيماويّ المسؤول عن خفايا الوِراثة.

إشاراتُ ورُموز السَّلامة

نُصادِفُ في حياتنا اليوميّة أشياءَ وموادَّ خَطِرةً أو سامَّةً، لكن ليس من السَّهْلِ دومًا التنبُّهُ إليها. فلِلمُساعدة في التَّعرف على أمثال هذه الموادّ وتجَنُّب أخطارها، وُضِعَتْ رُموزُ وإشاراتُ السَّلامة.

وتتألَّفُ هذه من صُوَرٍ وكلماتٍ تحذيريَّة تُنَبِّهُ إلى مَكامن الخَطَرِ. وإنَّه لَمِنَ الضروريّ لك تعرّفُ هذه الإشارات والرموز والتقيُّدُ بمَضامينها من أجل المحافظة على صحتك وسلامتك.



في البيت

العديدُ من المُنظِّفات المُستَخدَمَة في المنازل يحمل تَنْبيهاتٍ ورُموزًا تُحذِّرُ من سُمِّيتها إذا ابتُلِعَتْ أو استُنشِقَتْ أو تُرِكَتْ تُلامِسُ الجِلْدَ فترةً طويلة. عليك دومًا أن تغسِلَ يديك بعد استخدامِ الموادِّ الكيماويَّة، ولعلَّه من الضَّروري أحيانًا ارتداءُ لِباسٍ واقٍ.

إسْتَرشِد دومًا برأي مَن هو أكبر منك سِنًّا قبل استعمال اي مادّة في البيت. إنّ الموائع المُنَظِّفة بخاصّةٍ قد تكونُ شديدةَ السُّمِّيَّة.

في المُخْتَبر المَدْرَسِيّ

العِنايةُ الفائقة والانْتِباهُ الشديد ضروريّان عند إجراء أيّة تجربة في المُخْتَبر، فبعضُ الكيماويّات سامٌّ، وإحماءُ بعضِها الآخر، فوق حارُوق «بُنْزن»، قد يكونُ خَطِرًا إذا لم تُراعَ الإجراءاتُ الصَّحيحة. كما إنَّ العَديدَ من الموادِّ المَخْبَريَّة ذو روائحَ حادَّةٍ نفّاذة، قد تُسبِّب أعراضًا غير حميدة إذا ما اسْتُنشِقَتْ.

ضَعْ نظّارات واقيةً دومًا، واحترِسْ من الثياب الفَضْفاضة، (وللفتيات، أشكلي شَعْرَكِ الطويل إلى الوَراء).

في الشَّارع

وأنت تسيرُ في الشّارع، إنْتبه إلى رموز وإشارات السلامة. إنَّ مواقعَ الإنْشاءات ومَحَطّاتِ المحروقات بخاصَّةٍ قد تكون خَطِرة. رُموزُ وإشاراتُ السَّلامة تساعِدُكَ في تَجَنُّب المخاطر.

يَحْظُرُ القانونُ على المُشاةِ عُبورَ بعضِ الطُّرُقِ المُخصَّصةِ للسُّرعات العالية.

ممنوع التدخين

خطَرُ الإشْعاع

سائلٌ لَهوب

ضَعْ قِناعَ اللِّحام

ضَعْ واقِيَي الأُذُنَين

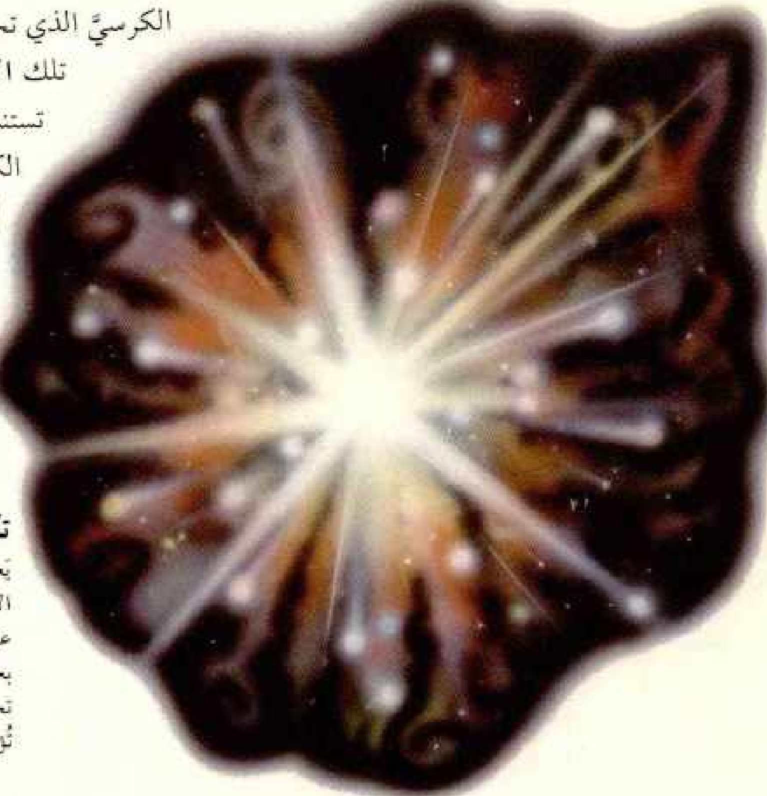
خطَرُ الانْفِجار

إلبَسْ حِذاءً عاليًا

ممنوعٌ للمُشاة

المادّة

كُلُّ ما يخطرُ ببالك يتألّفُ من المادّة - إنْ كان الكتابَ الذي تقرأُه، أو الكرسيَّ الذي تجلِسُ عليه، أو الماءَ الذي تشربُه. غَيْرَ أنّ المادّةَ ليست فقط تلك الأشياء التي تستطيعُ لمسَها، فهي أيضًا تشمَلُ الهواءَ الذي تستنشِقُ والكواكب والنجومَ في فضاء الكَوْن الرَّحيب، كما كُلَّ الكائناتِ من حيوانٍ ونباتٍ وجَماد. تتألّفُ المادّةُ بمُختلِف أنواعها وأشكالها من جُسَيْمات دقيقةٍ تُدعى ذرّات؛ وهٰذه تتألّفُ بدورها من جُسَيمات دون الذرّيّة أصغر بكثير من الذرّات. عِلْمُ الكيمياء يدرُس تركيبَ المادّة، وكيفيةَ ترابُطِ الذرّات بعضِها مع بعض لِتُكوِّنَ الموادَّ المُختلفة.



تكوينُ المادّة

يَعتقدُ مُعظمُ العُلماء أنّ كُلَّ مادّةِ الكَوْن تكوّنت بانفجار هو الانْفجار العظيم (إلى اليمين)، عَقِبَهُ حرارةٌ وطاقةٌ عظيمتان جدًّا. وبعد ثوانٍ معْدُوداتٍ تحوّلتْ بعضُ حُزَمِ الطاقةِ إلى جُسَيماتٍ دقيقةٍ، ثُمَّ تحوّلتِ الجُسَيماتُ الدقيقةُ إلى ذرّات تُؤلِّفُ الكَوْنَ الذي نعيشُ فيه.

المادّة الحَيّة

الأرضُ هي موطن الكثير من الكائنات الحَيّة من نباتات وحيوانات على اختلاف أنواعها. ورُغْمَ أنّ الفراشةَ، مثلًا، تبدو مختلفةً جدًّا عن الصخر، فإنّ كليهما يتألّفُ من ذرّات، لكنّ هٰذه الذرّاتِ تترابَطُ بشكلٍ مختلفٍ لِتكوّن الشيءَ الآخَر.



المادّةُ الجماد

مُعظمُ الموادِّ في الكَوْن جَمادٌ، لا نباتٌ ولا حيوان، أي إنّها لا تنمو ولا تتوالد ولا تتحرّك ذاتيًا. والصخورُ، مُكوِّنةُ الأرضِ التي نعيش عليها، هي من الجَماد.

أُصولُ عِلْم الكيمياء

منذ مئات السنين، وقَبْل أن يتعرّف أحدٌ الذرّاتِ، كان الخيميائيون، الكيماويون القدماء، يقومون ببعض التجارب لِتَعرُّف ماهيّةِ الموادّ وتراكيبها. وقد حاولوا عَبَثًا تحويلَ بعض الفِلِزّات الخَسيسة كالرَّصاص إلى ذَهَب، كما بحَثُوا، وعبثًا أيضًا، عن إكسير الحياة، الدّواءِ الذي في زَعْمِهم، يُكسِبُ الإنسانَ شبابًا دائمًا. وكان من بين الخيميائيين كثيرٌ من النّساء، كما يشهد بذلك الاسْمُ اللاتينيُّ للخيمياء «أوبُسْ مُليبِرُوم» الذي ترجمتُهُ «شُغْلُ النّساء».

هذه صفحة من مخطوطة عربية من القرن الرابع عشر.



خيميائيّون في اثناء العمل.

جُسَيمات المادّة

يَستخدمُ العُلماء حُجْرةَ الفُقّاعات لتعيين أنواع الجُسَيمات دون الذرّيّة. حُجْرةُ الفُقّاعات تحوي هدروجينًا سائلًا على درجةِ حرارةٍ تقاربُ درجةَ غليانه. فالجُسَيماتُ المارّةُ عَبْرَ الهدروجين السّائل تسبّبُ غليانَه تاركةً في إثْرِها رَتَلًا من الفقاقيع. ومع أنّ الجُسَيماتِ نفسَها لا تُرى، فالمسالكُ الفقّاعيةُ التي تترُكُها وراءَها يمكنُ رؤيتُها بيُسْر؛ وهي مختلِفَةُ النّمط لِكُلِّ نوعٍ من الجُسَيمات.

مُؤسّسو عِلْم الكيمياء

يُعْتَبرُ الكيميائي الفرنسي، أنطوان لافوازييه (١٧٤٣-٩٤) مُؤسّس الكيمياء الحديثة. فقد بيّنَ لافوازييه باختباراته الدقيقة أنّ الموادّ المُحترقة أثقل وزْنًا منها قبْلَ الاحتراق (وأنّ هذه الزّيادة يمكنُ إزالتُها باختزال المادّة بالفحم النباتي)، واستَنْتَجَ أنّ ذلك عائدٌ إلى اكتِساب المادّة المُحترقة غازًا من الهواء (أطلقَه عند اختزالها) أسماهُ الأكسجين. وقد عمِلَتْ ماري لافوازييه (١٧٥٨-١٨٣٦) على ترجمة أعمال زوجها، وقامت بحملاتٍ منظّمة لترويجها.

حَالاتُ المادّة

الجبالُ والبحارُ والهواءُ الذي يكتنفُها تُمثّل الحالاتِ الطبيعيّةَ الثلاث للمادّة. فالجبلُ يتألّفُ من صخرٍ جامد، والبُحيرةُ تتألّف من سائلٍ هو الماء، والهواءُ الذي نستنشِقُ غازيُّ القِوام. مُعْظمُ الجوامد صُلْبة ذاتُ شكلٍ وحجمٍ مُحدَّدين - رُغْمَ أنّ بعضَها كالمَطّاط ذو شكلٍ يمكن تغييرُه. والسّوائل ذاتُ حجمٍ مُحدَّدٍ أيضًا، لكنْ لا شَكْلَ ثابتًا لها وهي سَيّالة. أمّا الغازات فليس لها حجمٌ ولا شكلٌ مُحدَّدان، وهي أيضًا سَيّالة، ومُعظمها عادم اللون لا يُرى. وتُدعَى السّوائل والغازات مجتمعةً بالموائع لأنها تسيلُ أو تَنْسابُ. ويختلِفُ سلوك الحالاتِ الثلاثِ للمادّة لأنّ جُسَيماتها تتحرّكُ بأشكالٍ مُخْتلِفة.

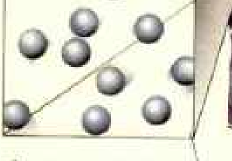


الحالات الثلاث

الصُورةُ أعلاه للينابيع الحارّة في وَيُوتابُو، بنيوزيلندا، تُبيِّن الحالات الثلاث للمادّة في موقع واحد. فالصخرُ جامدٌ، والماءُ سائلٌ، والبُخارُ المُتصاعدُ غازٌ.

الغازات

تنتشِرُ الغازاتُ لِتَملأَ الحيِّزَ الذي تتواجَدُ فيه لأنّ جُسَيماتِها سريعةُ الحركة. لِذا فالغازُ ليس له حجمٌ أو شكلٌ مُعيّنٌ بل هو يتّخِذُ شكلَ الوِعاء المُتواجِد فيه. فهذا البالون، الببّغائيُّ الشكل مثلًا، مُعبّأٌ بغاز الهِلْيوم. والأشياءُ تمرُّ عَبْر الغاز بِسُهولةٍ لأنّ جُسَيماته بعيدةٌ بعضُها عن بعض. أَلَسْنا نمشي عَبْر الهواء دونَ أن نشعُرَ بشيء؟



الجُسَيماتُ الغازات متباعدةٌ جدًّا وتتحرّكُ بسُرعة كبيرة. أمّا تأثيرُ بعضِها على البعض الآخر فضئيلٌ جدًّا.

السّوائل

عندما تصُبُّ شرابًا في كُوب، فالسّائلُ يتّخذ شَكْلَ الكُوب مهما كان. أمّا إذا اندلَقَ السائلُ فإنّ شَكْلَهُ يتغيّر. وإذا صَبَبْتَ السّائلَ في وِعاءٍ آخَر، فسيتغيّر شكل السّائل أيضًا، لكن حجمَه يَبْقى ثابتًا.



الجُسَيماتُ السّوائل تتجاذبُ فيما بينها وتتلاصق معًا في حُزَم تنزلق بعضُها فوقَ بعضٍ وتتحرّك بحُرّيّة.

الجوامد

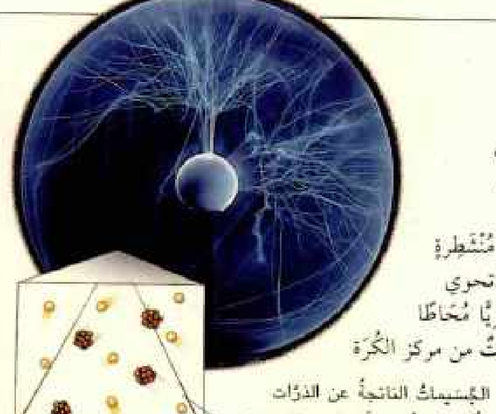
الجوامد، كالكتُب مثلًا، لها شكلٌ مُعيّنٌ؛ وليس من السهولة تغييرُ ذلك الشكل، لأنّ جُسَيمات الجسم الجامدِ مُترابطةٌ بعضُها مع بعض برَوابطَ قويّةٍ تجعل بِنْيةَ الجامد بِنْيةً صُلبة.



جُسَيمات الجوامد مُتراصّة معًا، وهي تتجاذبُ فيما بينها بقوة كبيرة تمنعُها من التحرُّك بحُرّيّة. فجُسَيمات الجوامد تهتزُّ (تتذبذب) في مواقعها فقط.

البلازْما

هنالك حالةٌ رابعة للمادّة تُدعى البلازْما، لكنها غالبًا لا تُشاهَد. فهي تتواجَدُ فقط على درجات الحرارة العالية جدًّا داخِلَ الشّمس والنُّجوم الأخرى، أو فوق الأرض على ضُغوط خفيضة. تتألّفُ البلازْما من ذرّات مُنشطِرة بفِعل الحرارة أو الكهربائية الهائلة الشّدة. تحوي الكُرةُ، في الصُّورة المقابلة، إلكترودًا مَرْكزيًّا مُحاطًا بالبلازْما. فإذا لَمسْتَ سَطْحَها، تَقْفِزُ وَمْضاتٌ من مركز الكُرَة إلى يدك، مُنتقِلةً عَبْر مسالكَ في البلازْما تكوّنُها الذرّاتُ المُنْشطِرة.



الجُسَيماتُ الناتجةُ عن الذرّات المُنشطِرة تُدعى أيُونات والكترونات.

حَالات المادّة في خِدْمَتنا

الجوامدُ والسّوائلُ والغازاتُ حوالَينا في كُلّ شيء، وتخدُمنا في عِدَّة مجالات. في درّاجتك، مثلًا، ترى حالاتِ المادّة الثلاث تَعملُ مُتكاملةً بانسجام. فالعديد من أجزاء الدرّاجة مصنوعٌ من الجوامد، حتّى مَطّاطُ عجلتيها - رُغْمَ أنّه مَرِنٌ يتغيّرُ شكلُه على مَطَبّات الطريق؛ والهواءُ المضغوط يَملأُ العجلتين؛ والزيتُ سائلٌ لا بُدَّ منه على سِلْسِلَةِ الدرّاجة وأجزائها المتحرّكة كافّةً.

الجوامدُ في خِدْمَتنا

هيكلُ الدرّاجة جامدٌ صُلْبٌ، وإطارا العجلتين وبرامقُهما صُلْبةٌ متينة. فَجُسْمُ الهيكل أساسيٌّ لِبِنْيَة الدرّاجة وتماسُكِها. وفولاذُ الإطارَين والبرامق الصُّلْدُ يَحْفَظ دِقَّةَ استدارة العجلتين؛ وهٰذه الدقَّة ضروريةٌ ومطلوبةٌ لِسلامَة وسلامة الدُّروج.



السّوائل في خِدْمَتنا

السّوائلُ كُلُّها سَيّالة، وبعضُها أكثرُ سُيُولةً من البعض الآخر. لِلُزوجةُ السّائل مِقياسٌ يحدّدُ سُرعة أو بُطْء سُيوله. فالماءُ ينسابُ بسُهولةٍ لأنّه قليلُ اللُّزوجة، أمّا الزُّيوت فتنسابُ بِبطء لأنّها أشدُّ لُزوجةً. وتُستخدمُ السّوائلُ اللَّزِجةُ، كالزيت، بين الأجزاء المعدنيّة المتحرّكة لتقليل الاحتكاك فيما بينها، ويُعرفُ هٰذا بالتزليق.

الغازاتُ في خِدْمَتنا

خِلافًا للجوامد والسّوائل، فالغازاتُ لا حجمَ ثابتًا لها، أي إنّك تستطيع ضغط الغاز أو تقليلَ حجمه. والغازات مَضغوطةٌ (تنضغِطُ) لتواجُدِ فراغاتٍ جَمَّةٍ بين جُسَيماتها. فإذا مَرَّ دولابُ درّاجةٍ فوق مطبٍّ أو ارتطم بجسم صُلب، ينضغطُ الهواءُ داخلَه فتُخمَدُ رَجَّةُ الصّدمة، ويَخِفُّ إحساسُ راكبِ الدرّاجة بها.

المكابحُ الهيدروليّة

تُستخدمُ السّوائلُ في المكابح القَدَميّة في السيّارات لأنّها لا تَنضغِطُ بِسُهولة. أي إنّك إذا ضغَطْت السائلَ، فالقوة المبذولةُ تنتقلُ كاملةً عَبْرَه. فعندما يَضغط السّائق دَعْسَةَ المِكْبَح، ينقلُ الضغط عَبْرَ الكَبّاس إلى السّائل في أنابيب المِكْبَح. وهذا يجعلُ اللَّبِنات تَقْبِضُ قُرصَ الدولاب بِشِدَّة، فتتوقف الدواليب على الفَور. ويُعرَفُ ضغطُ السّائل هٰذا بالضغط الهيدروليّ.

التوتُّر السّطحيّ

تتجاذب جُسَيمات الماء فيما بينها - فَيُشَدُّ بعضُها نحو بعضها الآخر بالتّساوي في جميع الاتجاهات. غير أنّ الشَّدَّ على جُسَيمات السَّطح بالاتجاه السُّفليّ أَزْيَدُ إذ لا وُجودَ لجُسَيمات ماءٍ فوقها تشُدُّ في الاتجاه المعاكس فيبدو السطح المُوتَّر كغشاءٍ رقيقٍ مَطّوط. وهٰذا يُمَكِّنُ سطح الماء من حَمْل الحشرات الخفيفة السّائرة فوقه.

لمزيد من المعلومات انظر
تغيّرات الحالة ص ٣٠
خصائص المادّة ص ٢٢
الترابُط الكيماوي ص ٢٨
النظريّة الحَرَكيّة ص ٥٠
سُلوك الغازات ص ٥١
القُوَى في الموائع ص ١٢٨
الشَّمس ص ٢٨٤

تغَيُّرات الحالة

إذا تُقَلِّبُ زيتًا ساخنًا بمِلْعَقةٍ لدائنيَّةٍ فإنّ المِلْعقةَ تنصهرُ. فاللدائن جامدة على درجةِ الحرارةِ والضَّغْطِ العاديَّيْن. لكن بتغيير الظروف تتغيَّرُ حالتُها كسائرِ الجوامِدِ. كذلك إذا وضَعْتَ عصيرَ البرتقال في المُجَمِّدة، وَهو سائلٌ في الظروف العاديَّة، فإنّه يَجْمُدُ. وإذا زَفَرْتَ على لَوح زُجاجٍ باردٍ، فإنّ بُخارَ الماء (الذي هو غاز عادةً) في زفيرك سيتكثّف إلى قَطَراتٍ من السّائل. وإذا شعَّتِ الشَّمْسُ على تلك القَطَرات، فإنَّ حرارةَ أشِعَّتِها تُعيدُ القطرات ثانيةً إلى غازٍ يتبخَّر في الهواء مُجَدَّدًا. والواقعُ أنّه حتّى أصلبُ الصخور تنصَهِرُ على درجاتِ الحرارة والضغوط العالية جدًّا المُتواجدةِ تحت القِشْرة الأرضيَّة. إنَّ معظمَ الموادِّ التي نعرِفُها تتحوّل من حالة إلى حالة أُخرى عند تغيير درجة الحرارة والضغط بقَدْرٍ مُعَيَّن.

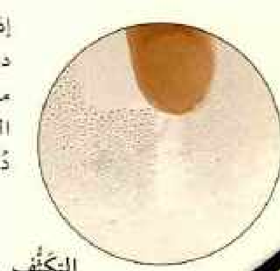


الطَّبْخ على ضَغْطٍ مُرتفع

تعتمد درجةُ غليان السّائِل على الضغط المُكْتنِف؛ فتنخفضُ درجةُ الغليان بانخفاض الضغط، لأنَّ الجُزيئات يُمكنُها الإفلاتُ، كغازٍ، بسُهولة أكثر حينئذٍ. أمّا عند ازدياد الضغط فإن درجة الغليان ترتفِعُ لأنّ الجزيئاتِ ما عادتْ تستطيعُ الإفلاتَ بسُهولة. في القِدْر الضَّغْطيّة ترتفعُ درجةُ غليان الماء بارتفاع الضغط، وينضَجُ الطعامُ بسُرعةٍ أكثَرَ على درجة الحرارة المُرتفِعَة.

من جامدٍ إلى غاز

إذا أحْمَيْتَ جامدًا حتّى درجةِ الانصهار، فإنّهُ يتحوَّلُ إلى سائِل. وإذا تابعْتَ الاحماء فإنَّ السّائل يبلُغُ درجةً يبدأُ عندها بالتحوُّل إلى غاز، وهذه هي درجةُ الغليان. على هذه الدرجة، تكسبُ جُسَيماتُ السّائل من الاحماء المستمِر، طاقةً كافيةً ليتحرَّرَ بعضُها من بعض، فتتكوَّن في السّائل فُقّاعاتٌ من الغاز. لكن تذكَّرْ أنَّ السّوائل تتحوّل دومًا إلى غاز ببُطءٍ حتّى على درجاتِ حرارةٍ دُونَ درجة الغليان، وهذا يُدعى التَّبخُّر.



التكَثُّف

تتجمَّعُ قَطَراتٌ من الماء على كُوبٍ زُجاجيٍّ باردٍ لأنّ جُسَيمات بُخارِ الماء في الهواء المُماسِّ للكوب تتحوّل إلى ماء. الزُّجاجُ البارد ينْزِعُ طاقةً من الجُسَيماتِ فيُحَوِّلُها إلى سائل.

التَّبَخُّر

يجفُّ الحِبْر السّائل لأنّ الماءَ فيه يتحوَّلُ إلى بُخارٍ ويتصاعَدُ في الهواء. ويتِمُّ هذا لأنّ بعضَ جُسَيماتِ الماء تكسِبُ ما يكفي من الطاقة للإفلات مُتحوِّلةً إلى غاز.

التَّصعيد

أحيانًا يتحوّل الجامدُ إلى غازٍ مُباشرةً، وهذا يُعْرَفُ بالتّصعيد. الجليدُ الجافُّ يتصَعَّدُ مُباشرةً إلى غاز، لذا يُستخدَمُ على خشبة المَسْرح لتوليد سُحُبٍ مُستغرِبَةٍ مُثيرة. إنّ الجليد الجاف هو في الحقيقة ثاني أكسيد الكربون المُجمّد؛ ويُدعى الجافَّ لأنّه يتحوّلُ إلى غازٍ مُباشرةً مُتجاوزًا حالةَ السُّيولة.

الغاز

تتسارعُ جُسَيماتُ الجامد بالقدر الكافي لِتُفْلِتَ مُتحوِّلةً إلى غاز. أو تتناقصُ سُرعةُ جُسَيمات الغاز لتتحوّلَ إلى جامد.

تتسارعُ جُسَيماتُ السّائل فيتفارقُ بعضُها عن بعضٍ مُتحوِّلةً إلى غاز. تتناقصُ سُرعةُ جُسَيماتِ الغاز لتتحوّلَ إلى سائل.

تتذبذبُ جُسَيماتُ الجامد بسُرعةٍ أكثَر فينْسابُ بعضُها فوق بعض لتكوِّنَ السّائل. أو تتناقص سُرعة حَزْمِ الجُسَيمات في السّائل فتتحوّلُ إلى جامد.

الجامد

السّائل

التجَمُّد

يتجمَّدُ الشَّمعُ المُتقطِّر من شمعةٍ مُضاءة بسُرعةٍ. وذلكَ لأنّ الجُسَيمات، التي تسارعَت وسالَت بحرارة اللَّهب، تتناقَصُ سُرعتُها مجدّدًا عند زَوال الحرارة فتتراصُّ فيما بينها. وعندما تقِلُّ سُرعتُها بقدْرٍ كافٍ، تثبُتُ في مواقعِها وتجمُد.



الانْصِهار

جُسَيماتُ الجامد مُتراصّةٌ معًا بقُوّة؛ لكنّها عند الاحماء تتزايدُ ذبذبتُها أكثرَ فأكثر حتّى تُفلِتَ من مواقعها الثابتة وينساب بعضُها فوق بعضٍ مُتحوّلةً إلى سائل. مثلُ هذا يحدثُ عند انْصهار قطعة من الشوكولاته.

حَالاتُ الماء

الماءُ فريدٌ في كَثْرةِ تواجدِهِ بالحالاتِ الثلاث للمادّة في حياتنا اليوميّة. فهو في حالةِ الجمود ثَلجٌ أو جليد، وفي حال السيولة ماءٌ، وفي الحالة الغازيّة بُخار. وخصائصُ الماء في حالاته الثلاث هٰذه مُهمّةٌ لِكُلّ شيءٍ على الأرض؛ فالنباتاتُ والحيواناتُ، مثلًا، تحتاجُ الماء باستمرار من أجلِ بقائها.



دَورة الماء في الطبيعة

الماءُ (السّائل) يتبخّرُ، والثلجُ (الجامدُ) يتصعّد، في الهواء. وبُخارُ الماء يتكثّفُ إلى قُطيراتٍ مُكوّنًا السُّحُبَ في الجوّ؛ ثمّ تسقطُ القُطيراتُ عائدةً إلى الأرض مَطرًا أو ثَلجًا - في دورةٍ متواليةٍ دون انقطاعٍ بالغةِ الأهميّةِ لِكُلّ شيءٍ على الأرض.

بُخار الماء

في درجاتِ الحرارة المُرتفعةِ يتبخّرُ الماءُ بِسُرعةٍ. ففي الغاباتِ الاستوائيّة مثلًا - جنوبيّ أمريكا - حيثُ المطرُ وفيرٌ غزيرٌ ودرجاتُ الحرارة مرتفعةٌ، التبخّرُ سريعٌ لا ينقطع؛ لذا فالهواء رطبٌ جدًّا (مُشبعٌ ببخار الماء). وهٰذا يُفسّرُ تواجُدَ أنواعٍ خاصّةٍ من النباتات، كالسَّحلبيّات (الأوركيدات)، في هذه الأصقاع تأخذُ حاجتها من الرُّطوبة مُباشرةً من الهواء، لا مِنَ التُّربة.

الماءُ تحت الجليد أسخنُ من الهواء الخارجيّ، لذا يبقى عِجلُ البحر والحيواناتُ الأُخرى التي يقتاتُ بها على قيد الحياة.

مُعظمُ الموادّ أعلى كثافةً في حالةِ الجمُود منها في حالةِ السيولة. لكنّ الجليدَ أخفُّ من الماء، فيَطفو فوقه.

يَنفُثُ عِجلُ البحر بُخارَ الماء مع الزّفير أثناء التنفُّس.

القُدرة البُخاريّة

يتحوّلُ الماءُ عند الغليان إلى بُخارٍ، فيَشغَلُ حيّزًا أكبر من حجم السّائل الذي تولّد منه. ولما كان بُخارُ الماء الساخنِ يزخرُ بالطاقة فإنّه يُستخدمُ في تدوير المُحرّكاتِ الحراريّة كالتُّربينات البُخاريّة. يندفعُ بُخارُ الماء عَبْرَ أرياشِ التُّربينات على درجة حرارةٍ وضغط عاليَيْن جدًّا، فيُديرُ دَواليبها.

يندفعُ البُخار الساخنُ إلى داخل التربين تحت الضغط.

تُدارُ أرياشُ التُّربين بطاقةِ البُخار؛ ويُستخدمُ هٰذا الدَّوران في توليدِ أنواعٍ أُخرى من الطاقة كالكهرباء.



تنخفضُ درجةُ التجمّد عند زيادة الضغط على الجليد بفعلِ وزنِ المُتزلّج، فينصهرُ الجليدُ تحت شفرةِ المزلّجة.

التغيُّرات بالضغط

يمكنُ بالضغط تحويلُ المادّةِ من حالةٍ إلى أُخرى. فالتزلّجُ على الجليد مُمكنٌ لأنّ المِزلّجتَيْن تَنزلقانِ على الجليد فوقَ طبقةٍ رقيقةٍ من الماء. إنّ ثِقلَ المُتزلّج المُركّزَ على شَفرةِ المِزلّجة يُحدثُ ضغطًا عاليًا جدًّا تحتها. وهٰذا الضغطُ يُسيّلُ الجليدَ حالَ مُرور (شفرة) المِزلّجة فوقه.

تضغطُ الشَّفرةُ على الجليد

يُعيدُ الجليدُ المُكتنِفُ تجمُّدَ الماء خَلْفَ المِزلّجة.

ينصهرُ الجليد تحتَ الشّفرة فتنزلقُ بيُسْرٍ عليه.

الجليدُ المتمدِّد

لعلك لاحظتَ (أو سمعتَ عن) تفجّر أنابيب المياه في طقسٍ شديد البُرودة. والسبب في ذلك أنّ الماء داخلَ الأنابيب يتمدّدُ خِلالَ عمليةِ التجمُّد فيُفجّرها.

لمزيد من المعلومات انظر

حالات المادّة ص ١٨
المحاليل ص ٦٠
كيمياء الماء ص ٧٥
الماء - مُعالجته وصناعاته ص ٨٣
تكوُّن الأرض ص ٢١٠
دورات في الغِلاف الحَيَويّ ص ٣٧٢

خصائصُ المادّة

يُصْنَعُ الكثيرُ من أواني المطبخ كالكَفْتِ والغلّايات ذوات المقابض من الفُولاذ واللّدائن – الجِسْمُ من الفولاذ والمِقبَضُ لَدائنيّ. والسببُ البسيط هو أنّ الفولاذَ مُوَصِّلٌ جيّدٌ للحرارة، فيَسْمَحُ بانْتقالها إلى الماء كي يَغْلي أو إلى الطعام كي يَنْضَجَ. أمّا اللّدائنُ الجيدةُ العَزْلِ، فتَمْنَعُ وُصولَ الحرارة إلى أيدينا. فالعَزْلُ الجيّدُ أو المُوَصِّليّة الجيّدة مَثَلٌ على خاصة معيَّنةٍ من خصائص المادّة. بعض هذه الخصائص، كالمُوَصِّليّة، يمكننا قياسُه؛ أمّا بعضُها الآخَرُ، كالرائحة مثلًا، فبمقدورنا وَصفُه فقط.

يَقيسُ العُلَماءُ خصائصَ العديد من الموادّ المختلفة على درجة الحرارة والضغط العاديين كي يستطيعوا المقارنةَ فيما بينها بدِقّة.

باستطاعتك وَصفُ البُرتقالة بتحديد لونها وشكلها، وملمَسها ورائحتها ومذاقها.

إدراكُ المادّة بالحِسّ

الناسُ في حياتهم اليوميّة لا يَصِفُون الأشياء بالطريقة نفسها كما يفعل العلماء. فنحن في الغالب تعتمدُ على حواسّنا أكثر من اعتمادنا على القياس بالأجهزة. لكنّ حواسَّ البشر ليست مُتَوافِقَةً ولا مُنسجِمة؛ كما إنّها تعجزُ عن قياس شِدَّة الرائحة المنبعثة من شيءٍ، كما عن تحديد نَوع مَذاقه بدِقّة. وقد يدركُ بعضُ الناس الأشياءَ بحِسّهم بشكلٍ مُختلفٍ تمامًا عن إدراك بعضهم الآخر لها.

نَجمٌ نيوترونيّ

فلزُّ الأُوزميوم هو أكثفُ موادّ الأرض قاطِبةً. فهو أثقلُ من الرصاص بمرّتين وأكثفُ من الماء بأكثر من ٢٢ مَرّةً. غير أنّ أكثفَ موادّ الكَوْن هي مادّةُ النجوم النيوترونيّة. فمقدار رأس دَبُّوس منها يزن مليون طنّ.

نَجمٌ نيوترونيّ

بمقدارِ رأس دبُّوس من نجم نيوترونيّ

الكثافة

للحَجْم نَفْسِه من موادَّ مُختلِفةٍ كُتَلٌ مُختلِفةٌ، تبَعًا لكثافتها. وكثافةُ جِسْمٍ ما هي كُتلةُ السنتيمتر المكعّب منه بالغرامات. أحيانًا تُعطى كثافاتُ الجوامد والسّوائل والغازات ككثافاتٍ مَنسوبةٍ إلى الماء (أي كثافاتٍ نِسبيّة).

يُستخدمُ المِسْبَلُ (الهيدرومتر) لِقياس كثافة السّوائل. يُغْمَسُ المِسبَلُ في وعاءٍ مَليءٍ بالسائل النقيّ، وتؤخذُ قراءتُه بمُساواة سطح السائل. يطفو المِسبَلُ عاليًا في سائلٍ كثيف ويغوص أكثرَ في سائلٍ أقلَّ كثافةً.

كثافةُ الماء (النسبيّةُ) تساوي ١. فالسوائلُ الأقلُّ كثافةً تطفو فوقه، والسّوائل الأكثر كثافةً تغوص تحته.

الغازات دومًا تَرتفعُ كفُقّاعاتٍ إلى سطح السّائل لأن كثافتَها ضئيلةٌ جدًا. إنّ الكثافة النسبيّة للهواء هي ٠,٠٠١٢ فقط.

كُحُول مُثيّل: كثافتُه النسبيّة ٠,٨

زيت الذُّرة: كثافتُه النسبيّة ٠,٩

ماء: كثافتُه النسبيّة ١

زئبق: كثافتُه النسبيّة ١٣,٦

الوَزنُ والكُتلةُ والحَجم

يُمكنُك قياسُ كمّيّة الشيء بطريقتَيْن: إمّا بواسطة حَجمه أو بواسطة كُتلته. فنحنُ مثلًا، نشتري البنزينَ بالحَجم (باللتر أو بالغالون) – أي بكمّيّة الحَيّز الذي يَشْغَلُه. ولكنّنا نشتري البطاطا بالكُتلة (بالكيلوغرام أو بالرّطل) – أي بكمّيّة المادّة في كيس البطاطا. إنّ حجمَ الشيء يُمكِنُ تغييره بالضغط أو بالحرارة، لكنّ كُتلته تبقى ثابتة دونَ تغيير. أمّا وَزنُ الجِسْم فهو مقدار القُوّة التي تَشُدُّه بها جاذبيّةُ الأرض، ويتوقّفُ مقدارُ هذه القُوّةِ على كُتلة الجِسْم.

ثِقْلُ مُكعّبٍ من الرّصاص يُساوي ثِقْلَ مُكعّبٍ من الشَّمْع يفوقه حجمًا بـ ١٣ مَرّةً، أو ثِقْلَ قطعة من خَشَبِ البَلْسا حجمُها أكبرُ ٥٦ مَرّةً.

رصاص: كثافته النسبيّة ١١,٣

شَمْع: كثافته النسبيّة ٠,٩

خَشَب البَلْسا: كثافته النسبيّة ٠,٢

المُقاوَمة (المتانيّة)

مُعظمُ الفلزّات متينةٌ ضِدَّ الشَّدّ لذا تُستخدمُ في بناء الانشاءات الضخمة، كالجِسْر المعلّق في الصورة المقابلة. يُعَلَّقُ مَديدُ الجِسْر بكَبْلات فولاذيّة متينة تَصْمُدُ أمام ثِقَل الجِسْر وما يَعْبُر فوقه. وتُصْنَعُ الأعمدةُ التي تَدْعَمُه مِنَ الخرسانة المُسَلَّحة التي تَصْمدُ بقُوّتها ومقاومتها أمام كافة قُوى الهَصْر المُؤثّرة على الجِسْر.

وَظيفةُ البُرج هي تثبيت الكَبْلات في مواقعها.

اللّدونة

إذا كُبِسَتْ بعضُ الموادّ، كالبلاستيسين (الطين اللّدائني) أو المَعْجُونة، يتغيّرُ شكلُها ويبقى على تغيُّره، لذا تُدعى هذه المواد بالموادّ اللّدينة.

هنالك أنواع مختلفة من اللّدانة كالطَّرُوقيّة (قابليّة التطريق) والمَطِيليّة (قابليّة المَطْل). فالفِلزُّ طَرُوقٌ إذا استطعنا تطريقَه صفائحَ رقيقةً دونَ تكسُّر، ومَطُولٌ (أو مطيلٌ) إذا استطعنا سَحْبَه أسلاكًا دقيقة دونَ تقطُّع.

النُّحاس وبعض الفلزّات الأخرى يمكِنُ سَحْبُها أسلاكًا أدقَّ من الشَّعْر؛ فالنحاس إذن فلزٌّ مَطيل.

الصائغُ هذا يُطَرّق طاسًا من الفضة لصياغته بالشكل المطلوب، فالفضّةُ إذن فلزٌّ طَروق.

توصيل الحرارة

إذا وضعْتَ شمْعًا على طَرَفِ مِلْعَقةٍ فلزّيّة وعلى طَرَفِ ملعقةٍ لدائنيّة مغموستَيْن في ماءٍ ساخِنٍ، فالشمعُ على طرف الملعقة الفلزّيّة يبدأ بالانصهار أوّلًا.

الفلزّاتُ مُوَصِّلاتٌ جيِّدة للحرارة بسبب بِنْيتِها الذّرّيّة. أمّا بعضُ الموادِّ الأخرى، كاللّدائنِ والخَشَب، فمُوَصِّليّتُها الحراريّةُ ضئيلة جدًّا أو معدومة، لذا فهي عازلاتٌ جيِّدةٌ تصلُحُ لتغليف المُوَصِّلات الحراريّة. وللسبب نفسه تُصْنَعُ مقابضُ الأواني المطبخيّة، كالغلّايات والقُدُور، من اللّدائن.

ينقُل الماءُ الحرارةَ بالحَمْل، ومنه تنتقل الحرارة إلى الملعقة المعدنيّة بسُرعة.

المُرُونة

للمطّاط خاصيّةٌ لافتة؛ فهو يمتَطُّ بالشَّدّ وينكمشُ عائدًا إلى حجمه الأصلي عند زوال القُوّة المؤثِّرة. هٰذه الخاصيّةُ تُدعى المُرُونة. إنّ مُعظَمَ الموادّ، حتّى الفلزّاتِ مَرِنَةٌ. ولِمُرونة بعضِ الموادّ حَدٌّ، يُدعى حَدَّ المُرُونة، لا تستعيدُ المادّةُ شكلَها وحَجْمَها الأصليَّيْن إذا ما تخطّتْهُ.

امتَطَّ البالونُ المَرِنُ إلى الحدّ الأقصى

عادَ البالونُ إلى شكله الأصليّ بعد المَطّ.

توصيلُ الكَهْرباء

تَسْري الكَهْرباء عَبْرَ الفلزّات بسُرعة، لِذا فهي مُوَصِّلاتٌ جيِّدةٌ للكهرباء. والسبب في ذلك عائد إلى وُجود إلكترونات طليقةِ الحركة على ذرّات الفلزّات. أمّا اللّدائنُ والزُّجاجُ والخَشَبُ ومُعظمُ الجوامد الأخرى، عدا الكربون، فهي مُوَصِّلات رديئة، أو عازلة، للكهرباء. ولذا تستخدمُ اللّدائنَ لتغليف المُوَصِّلات الكهربائيّة كأسلاكِ الكبول.

أسلاكٌ نُحاسيّة

تُغلَّفُ الأسلاكُ النحاسيّةُ بالكامل بمادّةٍ لدائنيّة.

القَصَافة

المطّاطُ مَرِنٌ في درجات الحرارة العاديّة. أمّا هذا البالون الذي جرى غمسُه في النيتروجين السّائل (على درجة حرارة - ١٩٦° س) فقد أصبح قَصِفًا يتفتّتُ قِطَعًا عند طَرقِه بمطرقة. بعضُ الموادّ، كالزُّجاج، قَصِفٌ على درجات الحرارة العاديّة، وبعضُها الآخر، كالطين، لَدْنٌ عادةً، لكن يُصبحُ قَصِفًا بعد الشَّيِّ في أتون أو فُرن.

بعضُ الموادّ ذَوّابٌ أكثر من بعضها الآخر. فالطباشير بالكاد يَذوب في الماء. أمّا السُّكّر فيذوب بسُهولة حتّى في الماء البارد.



السُّكّر في الماء البارد



الطباشير في الماء البارد

الطباشير ليس ذَوّابًا حتّى في الماء الساخن. أمّا السُّكّر فتزدادُ ذَوَبانيّتُهُ في الماء السّاخن. كلما ازدادت سُخونة الماء تزداد ذَوَبانيّةُ السُّكّر.

الطّباشير في الماء الساخن

السُّكّر في الماء السّاخن

الذَّوَبانيّة

كثير من الجوامد والسّوائل والغازات يَذُوبُ في الماء، أو في سوائلَ أُخرى، لِتَكَوِّن مَحاليل، فنقول إنّها ذَؤوبةٌ أو ذَوّابةٌ؛ فالسُّكّر يذوب في الشاي، والملحُ يذوب في الماء. المادّةُ التي تَذوبُ تُسمّى المُذاب، والسّائلُ الذي تذوبُ فيه يُدعى المُذِيب. والماءُ غالبًا ما يُدعى المذيبَ العام لأنّ موادَّ كثيرة جدًّا تذوبُ فيه. خاصيّةُ الماء هٰذه أساسيّةٌ للحياة، لأنّ الماء يَطُوفُ حاملًا الموادَّ المُذابة في دَم الحيوان كما في نُسُغ النبات. والحيواناتُ التي تعيشُ في الماء تحصلُ على الأكسجين اللّازم لعيشها من المُذاب منه في الماء.

نُقْطَتا (أو دَرَجتا) الانْصِهار والغلَيان

كُلُّ مادّة نَقِيّة لها نقطتا انْصِهارٍ وغلَيانٍ ثابتتان على الضغط الجويّ العاديّ. أمّا إذا كانت المادّةُ مَشوبةً فإنّ نقطتي الانْصِهار والغلَيان تتغيران. فالملحُ على الجليد يُخَفِّضُ نُقْطة انصهاره فيتحوّلُ الجليدُ إلى ماء. وما لم يشتدّ الطَّقسُ بَرْدًا فلَنْ يعودَ الماءُ الصَّهيرُ إلى التجمُّد.

نُقْطةُ الغلَيان: عِندها يتحوّلُ السّائلُ إلى بُخار، أو يتكثّفُ البُخار إلى سائل؛ وهي دومًا أعلى من نقطة الانْصِهار.

نُقْطةُ الانْصِهار (أو التجمُّد): عِندها يذوبُ الجامدُ مُتَحوّلًا إلى سائل، أو يتجمّدُ السّائلُ مُتحوّلًا إلى جامد.

لمزيد من المعلومات انظر

البِنْية الذّرّيّة ص ٢٤
الفلزّات الانتقاليّة ص ٣٦
الكربون ص ٤٠
المحاليل ص ٦٠
التحليل الكيماوي ص ٦٢
الطّفو والغَطْس ص ١٢٩
الكهرباء التّياريّة ص ١٤٨
حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

البِنْيَةُ الذَّرِّيَّة

كُلُّ شيءٍ حولنا ممّا يُرَى ويُسْمع ويُحَسّ ويُشمّ ويُتذوَّق يتألّفُ من جُسَيمات دون المِجْهريّة تُدعى ذرّات، وهي من الدِّقة بحيث يلزمُ بضعةُ ملايين منها لتغطية نقطة الوَقْف في نهاية هذا السَّطر. وتتألّف الذرّة نَفْسُها من جُسَيمات أصغر بكثير. ففي مركزِ كلّ ذرّةٍ توجدُ نَواةٌ تتضمَّنُ پروتوناتٍ ونيوتْرونات، وتَدور حَوْلَ النَّواة في أغلِفةٍ (طبقاتيّةٍ) مختلفةٍ جُسَيماتٌ تُدعى إلكترونات. الپروتونات والنيوتْرونات أثقل من الإلكترونات بكثير، بحيثُ إنَّ مُعظمَ كُتلة الذرّة يتركّز في النّواة. بعضُ الموادّ مُركّبات، كالماء أو السُّكّر، تتألّف من جُزيئات، والجُزيئات بدورها تتركّب من عِدّة أنواعٍ من الذرّات تترابطُ معًا في مجموعات. وبعضُ الموادّ عناصِرُ، كالحديد والكربون، تتألّف من نوعٍ واحد من الذرّات فقط.

تصويرُ الجُزيء

تُبيّنُ الصورةُ أعلاه ٢٨ جُزيئًا من جُزيئات أوّل أكسيد الكربون، مُرتبةً لتُمثّل هيكلًا بشريًّا. تصوّرْ أنّه يلزمُ أكثرُ من ٢٠٠٬٠٠٠ هيكلٍ منها لتتصافّ عَبْرَ قُطرِ شَعْرة.

الپروتونات والنيوتْرونات والإلكترونات

تحوي نواةُ الذرّة نوعَيْن من الجُسَيمات: الپروتونات والنيوترونات. العَدَدُ الذرّي لعُنصرٍ ما هو عَدَدُ الپروتوناتِ ذاتِ الشِّحْنة الكهربائيّة المُوجبة في نَواته، في حين لا تحمِلُ النيوترونات أيّ شِحْنةٍ كهربائيّة. أمّا الإلكتروناتُ التي تَدُوم حَوْلَ النّواة، كالكواكب حول الشَّمْس، فهي ذاتُ شِحْناتٍ كهربائيّة سالبة. والإلكترونات ليست كُراتٍ جامدة، بل حُزَمٌ من الطاقة تتحرّكُ بسُرعة فائقةٍ تكادُ تُعادِل سُرعةَ الضوء. عَدَدُ الإلكترونات والپروتونات في الذّرّة متساوٍ، وكذلك شِحناتُها، ممّا يجعلُ الذرة متعادلةً كَهْرَبِيًّا.

٦ پروتونات

النّواة

٦ نيوتْرونات

٦ إلكترونات

شريحةٌ بِضُفيْةٍ لذرّة الكربون

يَعْتمدُ عددُ غِلافات الذرّة على عدد إلكتروناتها. فذرّةُ البروم ٣٥ إلكترونًا في أربعة غِلافات. وقد يبلغُ عددُ الغلافات في بعض الذرّات سبْعةً.

ذرّة الكَرْبون

يُمثّلُ هذا الرسمُ شطرًا (نِصفيًّا) لذرّة كربون. تتألف نواةُ ذرّة الكربون من ٦ پروتونات وَ ٦ نيوترونات. أمّا الإلكتروناتُ الستة فتتواجد في غلافين.

أكثرُ نظائر الكربون انتشارًا هو الكربون-١٢، وفي نواته ٦ پروتونات وَ ٦ نيوتْرونات.

في نظير الكربون-١٤ تحوي النواةُ ٦ پروتونات وَ ٨ نيوتْرونات.

الپروتونات والنيوتْرونات والإلكترونات تُدعى الجُسَيماتِ دون الذّرّيّة.

الغِلافُ الأوّل لذرّة الكربون يحوي إلكترونَيْن. والإلكترونات الأربعة الأُخرى تتواجدُ في الغِلاف الثاني.

النّظائر

جَميعُ ذرّات العُنصر الواحد تحوي عددًا مماثلًا من الپروتونات؛ لكنّ عددَ النيوتْرونات في بعضها قد يختلِف، وتُسمّى جميع ذرّات العنصر حينئذٍ نظائر. فنواةُ ذرّة نَظير الكربون-١٢، مثلًا، تتضمّنُ ٦ پروتونات و٦ نيوترونات، بينما تحوي نواةُ نَظير الكربون-١٤ نيوترونَيْن إضافيَّيْن؛ وهو ذو فاعليّة إشعاعيّة. وتُعرفُ النظائرُ ذاتُ الفاعِليّة الإشعاعيّة بالنظائر المُشِعّة.

أبعادُ الذّرّة

الذرّات أصغر من أن تتمثّلها مُخيِّلة الإنسان. فقُطر الذرّة، الذي يُقارب الأنغستروم، يعني أنّ المليمتر يتسع لِـ ١٠ ملايين ذرّةٍ مُتصافّةً جَنبًا إلى جَنب. ورُغم صِغَرِها الفائق هذا، فإنّ الذرّاتِ تتألف في مُعظمها من فراغ، فالإلكترونات بعيدةٌ جدًّا عن النّواة. ولو نُمثّلُ النّواةُ بحَجْمِ كُرةِ المضرب، لكانتِ الذرّةُ تُمثّلُ بمبنى الإمْپاير ستيت، ناطحةِ السّحاب العملاقة في نيويورك.

مُعظَمُ الذّرّة فراغٌ خاوٍ – حتّى في الذرّات المؤلفةِ من جُسَيماتٍ كثيرة.

جون دالتون

الفيلسوفُ اليوناني ديمُقريطس (حوالى ٤٦٠-٣٦١ق.م.)، ارتأى أنّ العالَمَ يتألفُ من جُسَيماتٍ دقيقةٍ لا تقبلُ الانقسامَ أسماها ذرّات. وظلّ مفهومُهُ هذا موضوعَ نِقاشٍ على مدى مئات السِّنين. وفي العام ١٨٠٨، تقدّمَ الكيميائيُّ البريطاني جون دالتون (١٧٦٦-١٨٤٤)، بناءً على تجارِبَ أجراها، بنظرية مَفادُها أنّ كُلّ عُنصرٍ كيماويّ يتألّفُ من ذرّاتٍ مُتماثلة، وأنّ العناصرَ تختلِفُ لأنّ ذرّاتِها مُختلِفة. وقد عُرِفت هذه النظريةُ منذئذٍ بالنظريّة الذّرّيّة لِدالتون.

إرْنست رذَرْفورد



في العام ١٩١١، اكتشف الفيزيائي البريطاني النيوزيلندي المولد، إرْنست رذَرْفورد (١٨٧١-١٩٣٧) أنّ للذرّة مركزًا كثيفًا دقيقًا تتركّز فيه كتلتها هو النواة. إذ كان رذَرْفورد وزملاؤه يقذفون رقيقة من الذهب بجُسَيمات ألفا الموجبة الشّحنة، التي يتألف جسيمُها الواحد من بروتونيْن ونيوترونيْن، وجدوا أنّ مُعظمَ الجُسَيمات تخترقُ الرقيقة دون تغيير مسارها، بينما ينحرفُ بعضُها عن مَساره، في حين أن القليلَ منها عاد مرتدًّا إلى الوراء. فتبيَّن بذلك أنّ شِحنةَ الذرّة المُوجِبَة تتركّز في نواةٍ صغيرة هي سببُ تلك الانحرافات، وأنّ الذرّة بمعظمها فضاءٌ خاوٍ.

الجُسَيمات دُون الذرِّيَّة

البروتوناتُ والنيوتْرونات والإلكترونات في الذرّة إنْ هي إلّا ثلاثةُ جُسَيمات أساسيّةٌ من أكثرَ من ٢٠٠ جُسَيمٍ دُون الذرّيّ مَعْروفةٍ اليوم. ويواصلُ العلماء اكتشاف جُسَيماتٍ جديدةٍ واصطناعَ أخرى، مستخدمين آلاتٍ عاليةَ القُدرة، تُدعى مُسارِعات الجُسَيمات لتحطيم الذرّات والجُسَيماتِ دُون الذريّة، على سُرعاتٍ عالية جدًّا. وهم يُطلقون على هذه الجُسَيماتِ أسماءً غريبةً عجيبةً مثل كاوُن وطاوُن وإبْسيلُون وبَاريون ولامْدا إلى غير ذلك.

المخترعون

جون كوكروفت (١٨٩٧-١٩٦٧) وإرْنِست وَالتون (١٩٠٣-) كانا أوّل من طوّر مُسارِعًا للجُسَيمات عام ١٩٣٢، ونالا بذلك جائزة نُوبل للفيزياء عام ١٩٥١. في الصورة أعلاه، يَظْهرُ إرْنِست وَالتون جالسًا داخل حُجرة العَدّ، حيث تكتشفُ الجُسَيمات. الأنبوبُ الطويل فوق الحُجرة هو الأنبوب المُسارِع، والقِسْم القُبّيّ الشكل فوقه هو مركزُ انْطلاق الجُسَيمات.



مُسارِعُ الجُسَيمات

في المُسارِعات، كهذا السّنكرُوترون (إلى اليسار)، تُرسَل حُزَمٌ من الجُسَيمات دُون الذريّة في مداراتٍ دائريّة، بفعل كهرمُغنَطيسات بالغة القُدرة، وتُسَرَّعُ بواسطة نبضات كهربائية. وعندما تبلغُ الجُسَيماتُ سُرعةً كافية، تُستَخرجُ وتُوجّه للتّصادُم بعضُها مع بعض. ويَشْرعُ العُلماء تاليًا بتحليل الجُسَيماتِ الجديدةِ التي تنتُج عن هذه التّصادُمات.

يتألف النيوترون من ثلاثة كُواركات

كُوارك

غلُوونات

نواة

نيوترون

إلكترون

في باطن النّواة

نعلم حاليًّا أنّ نواةَ كُلِّ ذرّة تحوي بروتونات ونيوترونات. وهذه بدورها تتألف من جُسَيمات أصغرَ منها تُدعى كواركاتٍ تتماسك فيما بينها بواسطة جُسَيمات أخرى تُدعى غلُوونات (مُغرِونات).

الجُسَيمات دُون الذريَّة

عام **١٨٩٧**، اكتشف ج.ج. طومْسُون (١٨٥٦-١٩٤٠) الإلكترون.

عام **١٩٠٩**، قاس رُوبرت مِليكان (١٨٦٨-١٩٥٣) الشّحنةَ السّالبة للإلكترون.

عام **١٩١١**، اكتشف إرْنِست رذَرْفورد (١٨٧١-١٩٣٧) نواة الذرّة.

عام **١٩١٣**، اكتشف نِيلز بُور (١٨٨٥-١٩٦٢) الغلافات الإلكترونيّة.

عام **١٩٣٢**، اكتشف جيمس شادويك (١٨٩١-١٩٧٤) النيوترون.

عام **١٩٦٣**، نظّر مُوري غل-مان (١٩٢٩-) بوُجود الكواركات.

مَسالكُ الجُسَيمات في حجرة الفُقّاعات.

مَسالكُ الجُسَيمات

كثيرًا ما يَستخدم العلماءُ كاشفاتٍ إلكترونيّةً، لتحديد مَسالك الجُسَيمات المُولَّدةِ في التصادمات داخل المُسارِعات. ويُعالجُ حاسوبٌ المعلوماتِ المجَمّعةَ ويعرِضُ المسالك على شاشة. ومن خصائص تلك المَسالك يستطيعُ العُلماء تحديدَ كُتَلِ الجُسَيمات التي رَسَمتْها وشِحناتها الكهربائيّة. فالمسلكُ اللولبيُّ الأخضرُ مثلًا، في الرسم المقابل هو لإلكترونٍ خَفيضِ الطّاقة.

لمزيد من المعلومات انظرْ

النّشاط الإشعاعيّ (الفاعليّة الإشعاعيّة) ص ٢٦
الترابُط الكيماوي ص ٢٨
العناصر ص ٣١
الكربون ص ٤٠
الطاقة النّوويّة ص ١٣٦
الضّوء ص ١٩٠
حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

النَّشاطُ الإشعاعيّ

الإشعاع المُسْتخدمُ في المستشفيات لمعالجة المَرَض سبَبُه تفكُّك النّوى الذريَّة. إنَّ معظمَ الذرّات ذاتُ نوًى مستقِرَّة - أي إنَّ عددَ النيوترونات يبقى مُساويًا لعددِ البروتونات، لكِنَّ بعض النّوى في بعض العناصر غيرُ مستقِرَّة وشَطورة، وهي لذلك إشعاعيّة. إنَّ عددَ النيوترونات في النّوى غير المُستقِرَّة، وتُدعى النَّظائر المُشِعَّة، يَختلفُ عن عددها في النّوى المستقِرَّة. وعندما تتفكَّك هذه النظائر تبتعِثُ إشعاعاتٍ ويعرف هذا بالاضْمحلال الإشْعاعيّ. والمعروف أنه كلّما ازداد عدد الجُسَيمات دُون الذريَّة في الذرّة، يزداد الاحْتمال بأن تكون مُشِعَّة. فذرَّةُ اليورانيوم، مثلًا، ذاتُ ٢٣٨ جُسيمًا دُون الذرّيّ، وهو عنصرٌ عالي الإشْعاعيَّة.

النَّشاطُ الإشعاعي

عام **١٨٩٦** اكتشف انطوان بيكريل (١٨٥٢-١٩٠٨) النشاطَ الإشعاعي.
عام **١٨٩٨** اكتشفت ماري كوري (١٨٦٧-١٩٣٤) وزوجُها بيير كوري (١٨٥٩-١٩٠٦) الرّاديوم والبولونيوم.
عام **١٩٣٤** اكتشف باڤل شيرنكوف (١٩٠٤-) أشعة شيرنكوف.
عام **١٩٣٤** برهنت آيرين جوليوت كوري (١٨٩٧-١٩٥٦) ابنة ماري وبيير، وزوجها فردريك (١٩٠٠-١٩٥٨) أنّ النشاطَ الإشعاعي يمكِنُ إحداثُه اصطناعيًا.

التّوهُّجُ الإشعاعيّ

تُخزَنُ الموادّ المشِعَّة غالبًا في الماء، لأنّ الماءَ يعمل كبُرجٍ يمتصُّ الإشعاع. وقد اكتشف الفيزيائي الروسي، باڤل شيرنكوف، أنّ مُرورَ الجُسَيمات عَبْرَ الماء يجعلُه يَبْعثُ ضوءًا أزرق (سُمّي أشعةَ شيرنكوف) فنال باكتشافه هذا جائزة نُوبل.

قُضبان الوَقود من مفاعل نَوَويّ

يُبيِّن الماء أشعّة شيرنكوف.

أشِعَّةُ ألْفا هي سَيْلٌ من الجُسَيمات المُوجبَة الشّحْنة، يحوي كل جسيم منها بروتونَيْن ونيوترونَيْن.

بروتون

نيوترون

أشِعَّةُ بيتا هي سَيلٌ من الإلكترونات.

أشِعَّةُ غاما هي نوع من الأشعة الكهرمغْنَطيسيَّة.

تسري أشعة ألْفا بسُرعة تعادل ١٠٪ من سرعة الضوء.

تسري أشعة بيتا بسُرعة تعادل ٥٠٪ من سُرعة الضوء.

أشعة غاما تسري بسُرعة الضوء.

صفيحة وَرَقيَّة سميكة

صفيحةُ ألومنيوم سمكُها ١ملم

صفيحةٌ من الرّصاص سمكُها ١٫٥سم

القُدْرَةُ الاخْتراقيَّة

تبتعِثُ النظائرُ المُشِعَّة ثلاثة أنواع من الإشعاع هي أشعةُ ألْفا وبيتا وغاما، وجميعها تشكّل خطرًا على الكائنات الحيّة لأنّ بإمكانها العبور إلى الأنسِجَة الحيّة وإعطابها: فإذا تعرَّض أحدٌ لفَيْضٍ من الإشعاع تعرَّضت حياتُه للخطَر. والمعلومُ أنّ أشِعَّةَ ألْفا هي الأقلُّ ضررًا فجُسَيماتُها لا تستطيع اختراق صفيحة وَرَقيَّة. كما إنّ جُسَيمات بيتا تستَلْزِم صفيحة معدنيَّة لِصدّها. أمّا أشِعَّة غاما، الحادة الاختراقيَّة، فلا يُوقفها إلّا صفيحةٌ سميكة من الرّصاص أو جدارٌ من الخرسانة.

يَفْقُدُ اليورانيوم جُسيماتٍ من نَوَياته المُضْمَحِلَّة إشعاعيًا. يبيِّن الرسمُ أدناه بضعةَ مراحلَ فقط من هذا الانحلال.

اليورانيوم-٢٣٨

مرحلتان من إشْعاع بيتا

إشْعاع ألفا

خمسُ مَراحل إشعاع ألفا

الرّصاص-٢١٤

إشْعاع بيتا

البولونيوم-٢١٤

إشعاع ألفا

إشْعاع ألْفا

الرّصاص-٢٠٦

البولونيوم-٢١٠

ثلاثُ مَراحل من إشْعاع بيتا

الاضْمحلالُ الإشْعاعيّ

اليُورانيوم-٢٣٨، أكثر نظائر اليورانيوم إنْتشارًا، تحوي نواته ٢٣٨ جُسَيمًا ينخفض عددها مع ابتعاث الإشعاع. ويحدث ذلك في سِلْسِلة من المراحل يتكوّن في كُلٍّ منها عنصرٌ جديد. يُدعى مُعدَّلُ هذا الاضمحلال الإشعاعي عُمْرَ النِّصف، وهو الزمن اللّازم لاضمحلال نِصف ذرّات المادّة المُشِعَّة. إنَّ عُمْرَ النِّصف لليورانيوم-٢٣٨ هو ٤٥٠٠ مليون سنة، لأنّ أيّةَ كتلَةٍ من اليورانيوم-٢٣٨ تحتاجُ إلى ٤٥٠٠ مليون سنة ليضمحِلَّ نِصفُ ذرّاتها إشعاعيًا.



ماري كوري

إكْتشف الفيزيائي الفرنسي، أنطوان بيكريل، الفاعلية الإشعاعيّة لليورانيوم عندما لاحظ تغَبُّشًا غير متوقّع في لوحة فوتوغرافيَّة كانت على مَقرُبَة من أملاح اليورانيوم. إثْرَ ذلك راحت ماري كوري وزوجها بيير يستقصيان اليورانيوم، فوجدا أن البِتْشبلند، خامَ اليورانيوم، هو على درجة من الفاعليَّة الإشعاعيَّة تُوحي بتواجد عنصرٍ مُشِعٍّ آخر بين مقوّماته. وكان أن وَجَدا عنصرين هما الرّاديوم والبولونيوم. وتقاسَم بيكريل وماري وبيير كوري جائزة نُوبل للفيزياء عام ١٩٠٣ لِعَزْلهم عنصر الرّاديوم. وقد ماتت ماري كوري بداء اللوكيميا (سرطان الدّم) رُبما بسبب تعَرُّضها المفرط للإشعاع!

الإسْتخدامات المفيدة للإشْعاع

الأشعةُ المُنبعثة من الموادّ المُشعَّة قد تكون قتّالةً، لذا يجب التّعاملُ معها بعنايةٍ بالغة. وهي قد تُسخَّرُ لأغراضٍ نافعة، كما في النّاظمات القلبيّة ذاتِ البطّاريّات النّوويّة التي تدُوم لمدّةٍ أطولَ بكثير من البطّاريّات العاديّة. كذلك فإنّ الأمراضَ السّرطانيّة تُكتَشف وتُعالج باستخدام الإشعاعات.



أجهزةُ الإنْذار من الدُخان

يحوي الكثيرُ من أجهزة كشفِ الدُّخان مصدرًا مُشعًّا ضعيفًا كالأمريشيوم-٢٤١. إنّ إشعاعات هذا العنصر تؤيّنُ الذرّاتِ داخل حُجَيرة التّحسُّس مُرسلةً تيّارًا كهربائيًّا ضئيلًا. فإذا دَخلَ الدُّخان تلك الحُجَيرة، تضطربُ الأيوناتُ وينخفضُ التيّار، فتُحِسُّ الجُذاذةُ الصُّغْريّةُ هذا الانخفاضَ وتُطلق نفيرَ الإنذار.

تحوي حُجَيرةُ التّحسُّس مادّةً مُشِعّةً تُساعد في اكتشاف الدُّخان.

تقي العاملَ من الأشعّة جدرانٌ زجاجيّة مُرَصّصة.

القُبّعةُ والمعطف يمنعان الأشعة من تلويث الثّياب والشَّعر.

مُناولةُ الموادّ المُشِعَّة

يجب معاملةُ الموادّ المشعّة بعنايةٍ بالغة. ففي الصناعة النّوويّة يعالجُ العاملون هذه الموادّ من خلال قُفّازاتٍ مركّبةٍ في صُندوقٍ مُدَرّع. وحينما يضطرون إلى مُناولة تلك الموادّ الخطرة خارجَ الغُرَف المتواجدة فيها، يَستخدمون آلاتٍ بُعاديّةَ التحكُّم تُحاكي عَمَل أياديهم. ويحملُ جميعُ العاملين في المجالات النّوويّة شارات صدريّةً خاصة تُسمّى مِقياسَ الجُرعات، تسجّلُ كمّيّةَ الإشعاع التي يتعرضون لها خلال فترةٍ زمنيّةٍ مُعيّنة.

أيون

الإشْعاع

نافذة لدائنيّة

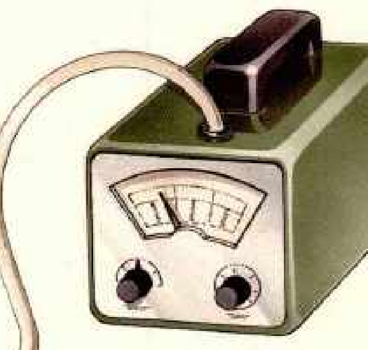
أنُود «مصعد» (سِلْكٌ مُوجبُ الشّحْنَة)

كاثُود «مهبط» (أسْطوانة سالبة الشّحْنَة)

تأيُّن الذرات في أنبوب عدّاد جيْجر يُنتِجُ أيوناتٍ والكترونات تُحدثُ تيارًا كهربائيًّا بين الكاثود والأنُود. وهذا التيار يستثير العدّاد أو الجهاز حسب شدّته.

عَدّادُ جيْجر

عدّادُ جيجر يكشِفُ ويقيسُ شِدّةَ الإشعاع. وهو يحملُ اسْم هانْز جيجر (١٨٨٢-١٩٤٥)، الفيزيائي الألماني، الذي أنجزه بشكله الحاليّ. يُملأ المِسْبار الكاشف بالغاز على ضغطٍ خفيض، وهذا الغاز يتأيّن بالإشعاع مبتعثًا نَبَضاتٍ كهربائيّةً تبيّنُها إبْرةُ المَدالة أو سُرعةُ التّكّات مُحدّدةً كمّيّةَ الإشعاع.



شيرنوبيل

السَّقْطُ المُشِعّ

تحوي مَحطاتُ القُدرة النّوويّة كمّيّاتٍ كبيرةً من الموادّ المشعّة لا خطَر منها عادةً، لكنّ فيها خَطَرٌ كامِنٌ. أسوأ الحوادث النّوويّة العالميّة كان انفجار مُفاعل شيرنوبيل النّوويّ، بأوكرانيا، في نيسان ١٩٨٦. فالموادّ المُشِعّة التي انْقذفت في الهواء عادت لاحقًا إلى الأرض تَساقُطاتٍ مُشِعّةً، مُلوّثةً مناطقَ شاسعةً من أوروبا وآسيا. وتُبيّن الخارطةُ المُقابلة مناطقَ التلوُّث الإشعاعي في العالم بعد عشرة أيام من الانْفجار.



الرَّقْمُ بالنظائر المُشعَّة

عندما تُحقَنُ بعضُ النظائر المشعّة في الجِسْم، تتجمّعُ في أعضاءٍ مُعيّنة فترقُمُها وتُبْرزها، ممّا يُيسِّرُ للأطباء المُختصّين فحصَها. كما إنّ الأشعّةَ التي تبتعثُها تلك النّظائر قد تكشِفُ أيضًا الأنسجةَ المَعْطوبة. في الصورة المُصْطَنَعةِ الألوانِ لقلبٍ بشريّ أعلاه، يَظْهرُ النسيج المعطوب على شكل بَضْوَة (حَذْوَة) في يسار الصورة.

لمزيدٍ من المعلوماتِ انْظر

التأريخ بالكربون المُشِعّ

في أنْسِجة الحيوانات والنباتات نِسْبةٌ معروفةٌ من نظير الكربون المشِعّ (الكربون-١٤). وعند موت هذه الخلوقات يتوقف تناوُلهم لمزيدٍ من الكربون، وتستمرُّ كمّيّةُ الكربون-١٤ طبعًا بالتناقص بمُعدّل معروفٍ (هو عُمر النِّصف). وباستخدام هذا المُعدّل، يُمكنُ تقديرُ عُمر الموادّ العضويّة القديمة بقياس كمّيّة الكربون-١٤ المُتبقّية فيها. إنّ عُمرَ البطاقةِ الخشبيّة هذه المُميِّزة للمومياء، هو حوالى ٢٥٠٠ سنة.

العِلاج بالإشعاع

يُعالَجُ المرضى المُصابون بداء السّرطان بالاستشعاع. في هذه المكنة، تُركّزُ أشِعّةُ غاما المُنبعثةُ من نظير كوبَلْتيّ مُشِعّ على المنطقة المُصابة لِقتل خلاياها ومَنْع السّرطان من الانتشار إلى مناطقَ أخرى من الجِسْم؛ كما تُستخدمُ أشِعّةُ غاما أيضًا في تعقيم المُعدّات الطبيّة.

الترَّابُط الكيماويّ

مِلْحُ الطعام تُؤلِّفُه ذرّاتُ الصوديوم والكلور. وهي ليست مُجرَّدَ خليطٍ بعضها مع بعض بل متحدةٌ ومتماسكةٌ معًا بروابط كيماويّة. والروابطُ هذه بمُختلِف أنواعها تشمَلُ حركةَ الإلكترونات في الغِلافات القُصوى للذرّات والإلكترونات نفسها بطُرقٍ مُتباينة. في الملح، مثلًا، تمنَحُ الذرّاتُ إلكتروناتٍ (كما الصوديوم) أو تتلقّاها (كما الكلور). وهذا يشكّلُ ما يُعرف بالرّوابط الأيونيّة. أمّا في مركباتٍ أخرى، كالماء، فالذرّاتُ تتشاركُ الإلكتروناتِ فيما بينها مُشَكِّلةً ما يُدعى بالرّوابط الإسهاميّة. أمّا في الفلزّات، فالإلكترونات تَسْري حَول جميع الذرّات فيما يُعْرَف بالرّوابط الفِلزّيّة. فالذرّات المختلفةُ المُتّحدةُ والمتماسكة بعضُها مع بعض بهذه الرّوابط المختلفة تؤلّفُ ملايينَ الموادّ المتنوعة المتباينة المتواجدةِ على الأرض.

ذرّةُ صوديوم

يَنتقِلُ إلكترونٌ واحد من ذرّة الصوديوم إلى ذرّة الكلور

ذرّةُ كلور

التكافُؤ

التكافُؤُ هو عَدَدُ الرّوابط التي يُمكن للذرّة أن تتّحد بها مع ذرّة أخرى. ولِكُلّ ذرّة رقمٌ يُبَيِّنُ ذلكَ يُدعى رقمَ التكافُؤ. فذرّة الصوديوم، مثلًا، رقمُ تكافئها واحدٌ إذ إنّ غِلافَها الخارجيّ يحوي إلكترونًا واحدًا، بينما يضُم غلافُها الثاني مجموعةً ثُمانيّة. فهي لذا تَنزِعُ إلى الترابُط بهذا الإلكترون مع ذرّةٍ أخرى (كما في كلوريد الصوديوم) وتَبْقى هي بمَجْموعة ثُمانيّةٍ مُستقِرّة. أمّا ذرّةُ الكربون فلَديها أربعة إلكترونات في غِلافها الخارجيّ، وبمَقْدورها التّرابُط مع أربع ذرّات أخرى لتكوين مَجموعةٍ ثُمانيّةٍ مُستقِرّة. وهكذا فإنّ رقمَ تكافئها يساوي أربعة. هذا ولبعض الذرّات تكافؤٌ مُتغيّر، فذرّة الحديد، مثلًا، تستطيع الترابُط مع ذرّتين أخريين أو ثلاث.

ذرّة الصوديوم

ذرّة الكلور

بترابُط الذرّات يزدادُ استقرارُها، وتكونُ عادةً أكثر استقرارًا عندما يحوي غِلافُها الخارجيّ ثمانيةَ إلكترونات تشكّل ما يُسمّى الثُّمانيّة المُستقِرّة.

لقد خسِرتْ ذرّةُ الصوديوم إلكترونًا سالبَ الشّحنة فاصبحت أيونًا مُوجِب الشّحنة يُدعى كاتيونًا (هابطة).

وكسَبتْ ذرّةُ الكلور إلكترونًا فاصبحت بذلك أيونًا سالبَ الشّحنة يُدعى أنيُونًا (صاعدة).

بلّورات الملح

زابطٌ أيونيّ

كاتيُون الصوديوم

أنيُون الكلور

الرّوابطُ الأيونيّة

يَتمُّ التّرابُطُ الأيونيُّ عندما تكسِبُ الذرّةُ أو تَخْسَرُ إلكترونًا أو أكثر من إلكترونات غِلافها الخارجيّ الأقصى. وهي بذلك تصبح مشحونةً بالكهرباء، فتُسمّى أيونًا. والأيونات إمّا هوابطُ (كاتيُونات) أو صَواعدُ (أنيُونات). فالذرّة التي خَسِرَت إلكترونات تصبح هابطةً (كاتيُون) أو أيونًا مُوجِبَ الشّحنة، والذرّة التي اكتسبت إلكترونات تصبح صاعدة (أنيُون) أو أيونًا سالِبَ الشّحنة. وهذه الشّحناتُ المُتضادّة كهربائيًّا تجذِبُ الأيوناتِ بشِدّة بعضها نحو بعض؛ لِذا فإنّ مُعظمَ الرّوابطِ الأيونيّة متينةٌ من العَسير جدًّا فَضُّها. وهكذا، فالمركّباتُ الأيونيّة هي غالبًا من الجوامِد، ولا تنصَهِرُ إلّا على درجاتِ حرارةٍ عاليةٍ جدًّا. وعند اتّحاد ذرّات الصوديوم والكلور، مُكوِّنةً روابطَ أيونيّةً فيما بينها، تصبحُ المُركَّبَ الأيونيَّ كلوريد الصوديوم (ملح الطعام).



لينُوس پُولنج

وُلِدَ لينُوس پُولنج، الكيميائي الأمريكي، عام ١٩٠١. وخِلال الثلاثينيّات من القرن العشرين، طوَّر نظريّاتٍ مُهِمّةً حَوْل التّرابُط الكيماوي والتركيب الجُزَيْئيّ، وقام بقياس مقادير الطّاقة اللّازمة لتكوين الروابط الكيماويّة وزواياها، كما قاسَ المسافاتِ بين الذرّات. وقد نال بذلك جائزة نُوبل للكيمياء عام ١٩٥٤. وفي عام ١٩٦٢، مُنِحَ أيضًا جائزة نوبل للسّلام تقديرًا لجُهوده في وَقْف تجارب القنابل النّوويّة.

البِنيَةُ الأيونيّة

في مُركّب أيونيّ ككلوريد الصوديوم، تَنْتَظِمُ جميع الأيونات في هيكليّةٍ مُنتظمة تُدعى شُبكة أيونيّة مُهيْكَلة. فبلّورات الملح مُكعّباتٌ، تبعًا للبنية الأساسيّة للشبكة. إنّ جميعَ المركّبات الأيونيّة تشكّلُ شُبكات؛ لكنّ نَسَقَ انتظام أيوناتها يختلف من شُبكة إلى أخرى، وهذا يُعطي الشُّبَكَةَ بِنْيَةً مُختلفة، والبلّورة شكلًا مُغايرًا مُميّزًا.

الرّوابط الإسْهاميَّة

كثرةٌ من أنواع الذّرّات لا تخسر (أو لا تكتسِبُ) الإلكترونات بسهولة لِتُشكِّل روابطَ أيُونيّة، فتستعيض عن ذلك بمشاركة الإلكترونات فيما بينها. وتتمُّ هذه المشاركة بأزواجٍ تُدعى أزواجًا إلكترونيّة. وهذا النمط من التّرابُط يُسمّى رابطةً إسْهاميّة، كما يُدعى أصغرُ جزءٍ من المركّب ذي الروابط الإسْهاميّة جُزيئًا. إنّ قوى الجَذْب التي تشدّ هذه الجُزيئات بعضها إلى بعض ضعيفةٌ إلى حدّ بعيد، لذا نجد مُعظم المركّبات الإسْهاميّة التّرابُط غازاتٍ أو سوائلَ. وهي ذات نِقاط انْصهارٍ وغليانٍ خفيضةٍ لأنّ فَصْمَ الروابط بينها لا يستلزِمُ طاقةً كبيرة.

في الغلاف الخارجيّ لذرّة النتروجين خمسة إلكترونات وهي تترابط مع ثلاث ذرّات من الهدروجين لتؤلّف ثُنائيّةً مُستقرّة.

رابطةٌ أحاديّة

ذرّةُ هدروجين

الجُزيئات التّساهُميّة

تُبيِّنُ محاكاةُ الشكل الحاسوبيّةُ هذه بِنْيةً مُجسّمةً للمُركّب الكربونيّ البيُوتان (غاز القوارير). فالبيوتان مُركّبٌ تساهُميٌّ نموذجيّ، وسائلُه يتحوّل بسُهولة إلى غاز لأنّ جُزيئاته مُترابطةٌ فيما بينها بقُوًى ضعيفة، تُدعى قُوى فان دِرْ فالْز.



شُعلة بيوتان من غازٍ مُعبّأ في موقد مُخيّمات

كُلُّ ذرّة كربون مُترابطةٌ مع ذرّاتٍ أُخرى.

الرّوابطُ المُزدوجة

في الرّوابط الإسْهاميّة تتشاركُ الذرّات أحيانًا بزوجين من الإلكترونات بدَلَ زوجٍ واحد. فجُزيءُ أكسجين الهواء، مثلًا، يتألّف من ذرّتين مُترابطتين برابطةٍ ثُنائيّة (مُزدوجة).

رابطةٌ ثُنائيّة

جُزيءُ الأكسجين (ذرّتا أكسجين)

الرّوابط الهدروجينيّة

يتألّف جُزيءُ الماء (هـ٢ أ) من ذرّتي هِدروجين مترابطتين مع ذرّة واحدة من الأكسجين برابطتَين إسْهاميّتين. وبالإضافة إلى تماسُكها بقُوى فان دِرْ فالْز، فإنّ جُزيئات الماء تترابطُ أيضًا بعضها مع بعض بروابطَ هِدروجينيّة. ويحصُلُ هذا التّرابُط بانجذاب ذرّات الهدروجين المُوجَبَة الشّحنة نوعًا، إلى ذرّات الأكسجين، السالبة الشّحنة نوعًا. وتكتسب ذرّاتُ الأكسجين الشّحنةَ السّالبة الضئيلةَ لأنّها تجذب إلكترونات التّرابُط الإسهاميّ بقُوّة أكبر ممّا تفعلُ ذرّات الهدروجين.

نقطة غليان الماء عالية بالنسبة إلى الموادّ التّساهميّة لأنّ جُزيئاته متماسكةٌ بروابط هدروجينيّة قويّة.

رابطٌ هِدروجينيّ

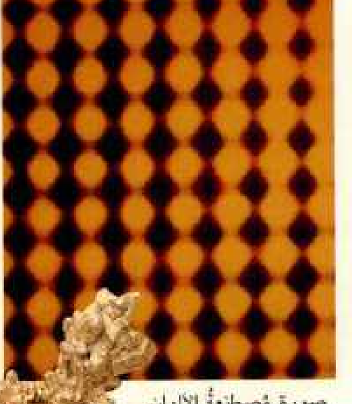
ذرّةُ أكسجين ذات شحنةٍ سالبة نوعًا

ذرّةُ هِدروجين ذات شحنةٍ مُوجبة نوعًا



الرّوابطُ الفلِزّيّة

ترابُطُ الإلكترونات في الغِلاف الخارجيّ لذرّات الفلِزّات ترابُطٌ راخٍ، لذا فهي تطفو في جَمْلٍ أو «بَحْرٍ» مُشتركٍ من الإلكترونات مُكوِّنةً ما يُعرف بالتّرابُط الفلِزّيّ. وهذا الجَمْلُ من الإلكترونات يمكنُه أن يَسْري بحُرّيّة حَوْلَ جميع الذرّات، وهذا يُفسّرُ كونَ الفلِزّات مُوَصِّلاتٍ جيّدةً للحرارة والكهرباء. فعندما تُسلَّطُ الحرارة أو الكهرباء على جُزءٍ من الفلِزّ، تحملُها الإلكترونات بسُرعةٍ إلى جميع الأجزاء الأُخرى.



صورة مُصطنعةُ الألوان لشُبيكةٍ ذهبيّة، والنقط الصُّفر تُمثّلُ ذرّات الذّهب.

شَذْرةُ ذهبٍ مُتبلّرة

الإلكترونات الخارجيّة لذرّات الفلِزّات تجولُ بحُرّيّةٍ من ذرّةٍ إلى أخرى.

تتوهّجُ الفَتيلةُ المعدنيّةُ للمِصْباح حالما يمُرُّ التيارُ الكهربائي عَبْرها.

بِنْيَةُ الفلِزّات

تتراصفُ ذرّاتُ الفلِزّات صُفوفًا منتظمةَ التوافُق يشُدُّها بَحْرٌ من الإلكترونات في شُبيكة فلِزّيّة مُهيكلة. ففي بحر الإلكترونات هذا لا تترابطُ الذّرّة مع الذرّات المُجاورة، بل تجُول الذرّات بحُرّيّة، لكن تظلُّ دومًا متماسكةً تُشكِّلُ روابطَ قويّةً في مواقعها الجديدة. وهذا يُفسّر قابليّةَ الفلِزّات للثّني والتطريق.

لمزيد من المعلومات انْظر

البِلَّورات

إذا تفحّصت قليلًا من السُّكّر بعدسةٍ مكبّرةٍ تَرَ مُكَعّباتٍ دقيقةً زجاجيّةَ المظهر هي بلّورات السُّكّر. الحجارةُ الكريمة، كالياقوت والصّفّير هي بلّورات أيضًا. إنّ مُعظمَ الجوامِد، بما فيها الفلزّاتُ، تتألّف من كمّيّات كثيرةٍ من البلّورات قد لا يمكن رؤيتُها أحيانًا لأنها أصغرُ من أن تُرى، أو لِشِدَّةِ تلازُّها وتلاصُقِها. لكنّ البلّوراتِ في الصخور كثيرًا ما تكون واضحةً للعِيان رُغمَ أنها غالبًا لا تتخذُ شكلًا مُحدّدًا لتراصّها معًا. أمّا المُتنامي منها بحُرّيّةٍ في الفَجوات الصخريّة فيتخذُ أشكالًا مُنتظِمةً جميلة. هنالك سبعةُ أشكالٍ أو أنظمةٍ بلّوريّةٍ (مُبيّنةٌ أدناه)، وهي تعكِسُ الترتيبَ أو النسقَ البلوريّ للذرّات أو الأيُونات التي تؤلّف البلورة. والعلماءُ يتقصّونَ هذا النسقَ بأشِعَّة إكس (الأشعة السينيّة).

ألوانُ البِلّورات

من البِلّورات ما كُلُّه تقريبًا ذو لونٍ واحد، كالكبريت؛ لكنّ المَرْوَ أو الكوارتْز (ثاني أكسيد السّليكون) مُتبايِنُ لَونِ البِلّورات لاحتوائه شوائبَ مُتنوّعة. فالمَرْوُ النقيُّ شفّافٌ ويُدعى البلّورَ الصخري. أمّا غيرُ النقيّ فقد يكون أبيضَ (كالمَرو اللبنيّ) أو قَرَنْفُليًّا (كالمَرْو الورديّ) أو أصفرَ ليمونيًّا (كالسّترين). أمّا النوعُ الأرجواني (الجَمَشْت) فلَونُه ناتجٌ أساسًا من الحديد.

البلّورات السّائلة

إنّ ما نُشاهِدُه في واجهة السّاعات والحاسبات الرّقميّة يتألّف من بِلّورة سائلة شَفّافةٍ محصورة بين صفيحتَيْن من الزُّجاج في نَمَطٍ مُعيّن. وعندما يَمُرّ التّيار الكهربائي عَبْرَ البِلّورة تبدو البلورةُ مُسْوَدّةً في القِطَع المُراد إبرازُ الرقم الصحيح بها، بينما تظَلُّ القِطَعُ الأُخرى شَفّافة. وهكذا يتمُّ العَرْض بالبلّورة السّائلة.

الانشقاق والتفلُّق

عند تصدُّع البِلّورات يُلاحظ أنّها تَتَفلّقُ غالبًا بِمُوازاة مُستوياتٍ مُعيّنة ذاتِ علاقةٍ بالنّسَق البِلّوريّ الأساسيّ. فالميكا، مَثلًا، تتفلّقُ صفائحَ رقيقةً بِمُوازاة قاعدة البِلّورة.

البِجْماتَيْت

بلّوراتُ البِجْماتَيْت، وهو صخر ناريّ، كبيرة لأنّه كان قد برد ببُطء. أمّا عدمُ انتظام شكل البلوراتِ فعائد إلى أنها كانت قد تشكّلت متراصّةً بعضُها إلى بعضٍ لا في حَيّزٍ حُرّ.

المَرْو (الكوارتز) ذو تماثُلٍ ثُلاثيّ.



الأكْسينيْت ذو تماثُلٍ ثُلاثيّ المَيْل.



الجِبْس ذو تماثُلٍ أحاديّ المَيْل.

الايدُوكراز ذو تماثُلٍ رُباعيّ.

الزُّمُرُّد ذو تماثُل سُداسيّ.

التُّوباز (إلى اليسار) ذو تماثُلٍ مُعَيْنيّ.

الغالينا (خامة الرّصاص) ذات تماثُلٍ مُكعّبيّ.

تنميةُ البِلّورات

تنامي هذا النّمط من البِلّورات المختلفة حَصَل من بلّورات كبريتات الحديد النّشادريّة (البُنّيّة) وبلّوراتِ كلوريد الكوبَلْت (القاتمة الزُّرقة)، وبلّورات نِترات النُّحاس (الفاتحةِ الزُّرقة). إنّ تَنْميةَ البِلّورات عمليةٌ سَهْلة يمكِنُك إجراؤُها بتعليق خيطٍ في مَحلول مُرَكّز من الماء والسُّكّر أو من الماء، وبِلّورات الجِنْزارة (كبريتات النُّحاس).

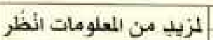
مُخطّطٌ بِلّوريّ لاحد البروتينات بأشعة إكس.

وِلْيام بْراج

وِلْيام هنري براج (١٨٦٢-١٩٤٢) وابنُه وِلْيام لورانس براج (١٨٩٠-١٩٧١) كانا أوّلَ من درسَ بِنْيَةَ البِلّورات بالأشعة السينيّة (أشعة إكس). وقد نالا جائزة نُوبل للفيزياء عام ١٩١٥ لعَمَلِهما هذا. عند إمْرار حُزمة من أشعة إكس عَبْرَ بلّورة تُسقِطُ نمطًا نسقيًّا على صفيحة فوتوغرافيّة، يُدعى المُخطّط البِلّوريّ؛ ولِكُلّ بلّورة مُخطّطُها الخاصُّ بها. وهذا المخطط يكشفُ البِنْيَةَ الداخليّةَ للبِلّورة ونَسَقَ ذرّاتها أو أيُوناتها.

الأَنْظِمَةُ البِلّوريّة

الأنظمةُ البِلّوريّة السّبعة مُبيّنة أعلاه. والمعروف أنّ البِلّوراتِ الكاملةَ والتّامّةَ الشّكل نادرة. لكن مهما كان شكلُ البلورة فإنّ بالإمْكان قياسَ تماثُلِها. وهذا يُساعد العُلَماء على تعرُّف هُويّتها.



لمزيد من المعلومات انظر

حالات المادّة ص ١٨
الترابُط الكيماويّ ص ٢٨
الكِبريت ص ٤٥
الأملاح ص ٧٣
كيمياء الماء ص ٧٥
الصخور والمعادن ص ٢٢١
حقائق ومَعلومات ص ٤٠٢



العَناصر

تتألّف السبيكةُ الذهبيّة من نوعٍ واحدٍ من الذرّات هي ذرّات الذّهب، وهذا يعني أنّ الذّهبَ عُنصرٌ. والمعروف أنّ مُعظمَ الأشياء في الكَوْن تتألّف من مجموعات مُؤتلِفةٍ من الذرّات المختلفة، تُدعى مُركّبات. قِلّةٌ من العناصر فقط يمكِنُ أن تتواجَد في حالة نقيّةٍ، كالذّهب والنُّحاس والفِضّة. لقد تمّ حتّى اليوم تَعرُّفُ ١٠٩ عناصر، يتواجد منها طبيعيًّا ٨٩. وكان تمّ اكْتشافُ عشرةِ عناصر قَبْلَ القرن الثامِنَ عَشَر، واكتُشِفَ مُعظمُ الباقي في القرنَيْن الثامِنَ عَشَر والتاسِعَ عَشَر حين بدأ الكيميائيون جدّيًّا بتقصّي العناصرِ والمركّبات الكيماويّة. وقد أصبح الجدولُ الدوريُّ اليومَ يَضُمُّ ٢٠ عُنصرًا اِصْطناعيًّا لا تتواجد في الطبيعة؛ جميعها ذو فاعِليّةٍ إشعاعيّة، وبقاءُ بعضها لا يتجاوز بِضْعَةَ أجزاء المليون من الثانية.

العَناصِرُ القديمة

خلال القرن الرابع ق.م. كان فلاسفة الاغريق، بمَن فيهم أرسطو، يعتقدون أنّ جميع أشكال المادّة مُكَوّنٌ من أربعة عناصر فقط هي النّار والهواء والماء والتراب مُتّسِقةً بِنسَبٍ مختلفة. فالعَظْم، مثلًا، كان، في زعمهم، يتألّف من أربعة أجزاءٍ نارًا، وجُزأين ماءً، وجزأين من التُّراب. ويُبيّن الرّسْمُ أدناه، من مخطوطٍ لقصيدة بالألمانيّة عن الخيمياء في القرن السابع عَشَر، أربعةَ رُموزٍ تُمثّل التُّرابَ والماء والهواء والنار.



نشأةُ العناصر

الهِدْروجين، أبسطُ العناصر، كان أوّلَها تكوّنًا بعد مُدّةٍ وَجيزة من الانفجار العظيم الذي كان به الكَوْنُ مُنْذُ آلافِ ملايين السنين؛ ثمّ تلاهُ عُنصر الهِليوم. إنّ جميعَ العناصر التي تتألّف منها الأرض حاليًّا كانت قد تكوّنت في أعماق نُجوم عملاقةٍ، ثمّ انتَثرتْ في الفضاء بعد تفجّر تلك النُّجوم.

نَجْمٌ يَنفجِر

العناصر في ما قَبْلَ التاريخ

الحديدُ كان أحدَ العناصر التي عرفها القُدَماء منذُ حوالى العام ١٥٠٠ق.م. فقد اكتشف الحِثّيون، الذين استوطنوا ما هو اليومَ أواسطُ تُركيا، طريقةَ استخراج الحديد بإحماء خاماته. ولم يمضِ طويلُ وقتٍ حتّى انتشرتْ هذه المعرفةُ عَبْرَ القارّة الأوروبيّة. ومِنْجَلُ الحصيد الحديديُّ هذا يزيدُ عُمره على ٢٠٠٠ سنة.

نَصْلٌ حديديٌّ مُثبّتٌ في مِقْبضٍ من قَرْنِ وَعِل.

عصر العناصر

لعلّ الكيماوي الألماني، هِنِيغ براند، باستخلاصه الفُسْفور عام ١٦٦٩، كان أوّلَ من يحضُر عنصرًا من خاماته. لكنّ الأمرَ استغرق قُرابةَ القرن من الزمان قبل أن يَقْتفيَهُ آخرون بإحماء المواد لاستخلاص العناصر من مُركّباتها. وقد توصّل بعضُهم إلى فَصْل عناصرَ بالكهرلة - أي بإمرار تيّارٍ كهربائي عَبْرَ الموادّ، محلولةً أو مصهورة.

مُخْتَبر في القَرْن التاسِع عَشَر



الإلكترونات السِتّة لذرّة الكربون تُدوّم حولها باستمرار، والأربعة منها في الغلاف الخارجيّ جاهزةٌ للترابُط مع ذرّات أُخرى.

الذرّات

جميعُ ذرّات العُنصر تحوي الأعداد نَفْسَها من الإلكترونات والپروتونات. وهذا يجعل كُلَّ عُنصر فريدًا كيماويًّا.

العناصر الشائعة

العُنصران الأكثرُ شُيوعًا في الكَوْن كمجموع، وبقدرٍ كبير، هما الهِدْروجين والهِليوم. فهُما العُنصران الأساسيّان في النجوم، إذ يشكّلان ٩٨ في المئة من مادّتها. أمّا في القِشرة الأرضيّة، فعُنصر الأكسجين هو الأكثر وَفْرةً بين جميع العناصر ويَليه السِّليكون، حيث يشكّلان معًا حوالى ثلاثة أرباع مُقوّمات القِشْرة. والمعلوم أنّ العناصرَ الأكثر تواجُدًا في جِسْم الإنسان هي الكربون والهِدْروجين والأكسجين لأنها تُؤلّفُ مُعظمَ المركّبات في جميع خلايا الجِسْم.





المُسارِعُ الخَطّيّ

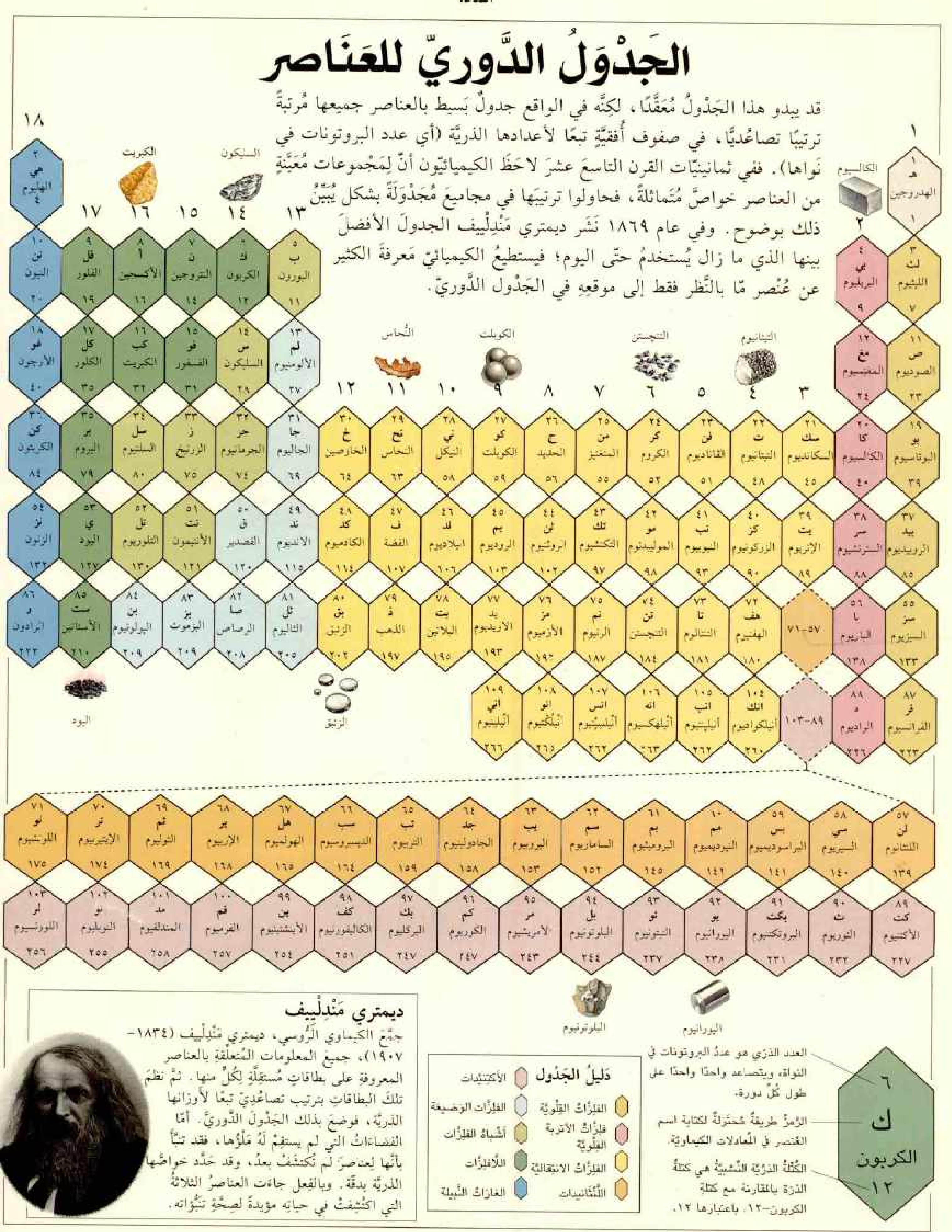
يَستطيع الفيزيائيون النَّوويّون تخليقَ عُنصرٍ جديدٍ بقَصْفِ عُنصرٍ موجودٍ بجُسَيْماتٍ فائقةِ السُّرعة في مُسارِعٍ خَطّيّ. فبِزيادة عدد الپروتونات في نوى الذرّات يتولّد عنصرٌ جديد.

لمزيدٍ من المعلومات انْظُر

البِنْيَة الذرّيّة ص ٢٤
النّشاط الإشعاعي ص ٢٦
الجَدْوَل الدوري للعناصر ص ٣٢
المركّبات والمزيجات ص ٥٨
حقائق ومَعلومات ص ٤٠٢

الجَدْوَلُ الدَّوريّ للعَنَاصر

قد يبدو هذا الجَدْولُ مُعقَّدًا، لكِنَّه في الواقع جدولٌ بَسيط بالعناصر جميعها مُرتَبةً ترتيبًا تصاعُديًّا، في صفوف أُفقيَّةٍ تبعًا لأعدادها الذريَّة (أي عدد البروتونات في نَواها). ففي ثمانينيّات القرن التاسعَ عشرَ لاحَظَ الكيميائيّون أنَّ لِمَجموعات مُعيَّنةٍ من العناصر خواصَّ مُتَماثِلةً، فحاولوا ترتيبَها في مجاميعَ مُجَدْوَلَةٍ بشكل يُبيِّنُ ذلك بوضوح. وفي عام ١٨٦٩ نَشَر ديمتري مَنْدِلْيف الجدولَ الأفضلَ بينها الذي ما زال يُستخدمُ حتّى اليوم؛ فيستطيعُ الكيميائيُّ مَعرفةَ الكثير عن عُنْصرٍ مّا بالنَّظر فقط إلى موقعِهِ في الجَدْول الدَّوريّ.



ديمتري مَنْدِلْيف

جمَّعَ الكيماويّ الرّوسي، ديمتري مَنْدِلْيف (١٨٣٤-١٩٠٧)، جميعَ المعلومات المُتعلِّقة بالعناصر المعروفة على بطاقاتٍ مُستقلّةٍ لِكُلٍّ منها. ثمّ نظّم تلكَ البطاقاتِ بترتيب تصاعُديّ تبعًا لأوزانها الذرّيَّة، فوضعَ بذلك الجَدْولَ الدَّوريّ. أمّا الفَضاءاتُ التي لم يستقِمْ لَهُ مَلْؤُها، فقد تنبّأ بأنّها لِعناصرَ لم تُكتشَفْ بعدُ، وقد حَدَّد خواصَّها الذرِّيَّة بدقّة. وبالفعل جاءت العناصرُ الثلاثةُ التي اكتُشِفتْ في حياتِه مؤيدةً لِصِحّةِ تَنَبُّؤاته.

المَجْمُوعاتُ والدَّورات

كيف نستخدِمُ الجَدْولَ الدَّوريّ؟ إنَّ العَناصرَ الـ ١٠٩ المعروفةَ حاليًّا مُرتَّبةٌ في صفوفٍ أفقيّةٍ يتزايَدُ عَبْرَها العددُ الذرّي، تُسمّى دَورات. وكما هو بيّنٌ، فإن الدوراتِ تبدأ بفلزٍّ قِلْويّ من اليمين وتنتهي بغازٍ نبيلٍ عن اليسار. إنَّ ذرّاتِ العناصر، في بداية كُلّ دورة تحوي إلكترونًا واحدًا فقط في الغلاف الخارجيّ؛ وفي نهاية الدورة يكتمِلُ هذا الغلافُ بثمانيةِ إلكترونات. أمّا العناصرُ المتواجدةُ في الأعمدةِ القائمة، وتُدعى مَجْموعاتٍ، فتحوي ذرّاتُها العددَ نَفْسَهُ من الإلكترونات في غِلافاتِها الخارجيّة؛ لذا فإنّ لها التكافؤَ نفسَه؛ وخصائصُها الكيماويّةُ متماثلةٌ.

ذرّةُ الكربون لها غِلافان

ذرّةُ السليكون لها ثلاثة غِلافات

ذرّةُ الجرمانيوم لها أربعة غِلافات

ذرّةُ القصدير لها خمسة غِلافات

ذرّةُ الرّصاص لها ستة غِلافات

٦
ك
الكربون
١٢

١٤
س
السليكون
٢٨

٣٢
جر
الجرمانيوم
٧٤

٥٠
ق
القصدير
١٢٠

٨٢
صا
الرصاص
٢٠٨

المجموعةُ نُزولًا

تظهرُ علاقةُ المجموعة بكُلّ وضوحٍ في بعض المجموعات، كما في المجموعة ١ (الفلزّاتِ القِلْويّة)، والمجموعةِ ٢ (فلزّات الأتربة القِلْويّة) والمجموعة ١٨ (الغازاتِ النَّبيلة)؛ فالعناصرُ متماثلةٌ في المَظْهرِ وفي التفاعُليّة (أي قابليّة الترابُط). أمّا في مجموعاتٍ أخرى كالمجموعة ١٤، فالخصائصُ الكيماويّةُ تبقى متماثلةً، لكنّ العناصرَ تتغيّرُ من لافلزّيّةٍ في أعلى المجموعة إلى فلزّيّةٍ في أسفلها. فالكربون (ك) لافلزٌّ نَموذجيٌّ؛ والسليكونُ (س) والجرمانيوم (جر) كِلاهما شِبهُ فلزّ؛ أمّا القصديرُ (ق) والرصاصُ (صا) فكِلاهُما فلزّان.

الفلزّاتُ واللّافلزّات

إنّ مُعظمَ العناصر الكيماويّةِ هي من الفلزّات. أمّا اللّافلزّات فتشغَلُ مُثلّثًا في يسارِ الجَدْول الدَّوريّ؛ وتقعُ بينهما أشباهُ الفلزّات التي لها بعضُ خصائصِ الفلزّات وبعضُ خصائصِ اللّافلزّات. هنالك اختلافاتٌ كبيرة متعدّدةٌ بين الفلزّات واللّافلزّات، فالفلزّاتُ جوامِدُ (ما عدا الزئبق، فهو سائل)، وهي مُوَصّلاتٌ جيّدة للحرارة والكهرباء، وذاتُ درجاتِ انْصهارٍ وغليانٍ عاليةٍ غالبًا؛ كما تكوِّنُ أيوناتٍ مُوجبةً تدعى هوابط (كاتيونات) عندما تترابَطُ مع عناصرَ أخرى. أمّا اللّافلزّات فمُعظمُها غازاتٌ ذاتُ درجاتِ انْصهارٍ وغليانٍ خفيضةٍ، وهي ليست مُوَصّلاتٍ جيّدةً، ما عدا الكربون؛ كما تكوّنُ أيوناتٍ سالبةً تدعى صواعِد (أنيونات) عندما تترابَطُ مع عناصرَ أخرى.

الجَدْولُ الدّوريّ

تتألّفُ المجموعةُ ١٤ من: الكربون (ك) والسليكون (س) والجرمانيوم (جر) والقصدير (ق) والرّصاص (صا)

تتألّفُ الدّورةُ ٣ من: الصوديوم (ص) والمغنيسيوم (مغ) والالومنْيُوم (لم) والسليكون (س) والفُسْفور (فو) والكِبريت (كب) والكلُور (كل) والارجون (غو)

عددُ الإلكترونات لكُلّ عُنصر مساوٍ لعدده الذرّيّ.

يتزايدُ عددُ الغِلافات، نزولًا، غلافًا واحدًا مع كُلّ عنصر، علمًا أنّ العددَ الأقصى لهذه الغلافات في الذرّة هو سبعة. أمّا عددُ الإلكترونات في الغِلافِ الخارجيّ لأيّ عنصرٍ في المجموعة الواحدة فهو دائمًا نفسُه لجميع عناصرِها.

في ذرّة الصوديوم من المجموعة ١، هنالك ١١ إلكترونًا، واحدٌ منها في الغِلافِ الخارجيّ.

في ذرّة المغنسيوم من المجموعة ٢، هنالك ١٢ إلكترونًا، إثنان منها في الغِلافِ الخارجيّ.

في ذرّة الالومنْيُوم من المجموعة ١٣، هنالك ١٣ إلكترونًا، ثلاثةٌ منها في الغِلافِ الخارجيّ.

في ذرّة السليكون من المجموعة ١٤، هنالك ١٤ إلكترونًا، اربعةٌ منها في الغِلافِ الخارجيّ.

في ذرّة الفُسْفور من المجموعة ١٥، هنالك ١٥ إلكترونًا، خمسةٌ منها في الغِلافِ الخارجيّ.

في ذرّة الكِبريت من المجموعة ١٦، هنالك ١٦ إلكترونًا، ستّةٌ منها في الغِلافِ الخارجيّ.

في ذرّة الكلُور من المجموعة ١٧، هنالك ١٧ إلكترونًا، سبعةٌ منها في الغِلافِ الخارجيّ.

في ذرّة الارجون من المجموعة ١٨، هنالك ١٨ إلكترونًا، ثمانيةٌ منها في الغِلافِ الخارجيّ.

عَبْر الدَّورة (أُفُقيًّا)

بالانتقال عَبْر الدَّورة من اليمين إلى اليسار، يتزايدُ عددُ الإلكترونات إلكترونًا واحدًا مع كُلّ عنصر؛ ويظهرُ تغيُّرٌ تدريجيٌّ في الخصائص الكيماويّة. ففي الدَّورة ٣، تتغيّرُ العناصرُ من الصوديُوم (ص)، الفلزّ، عَبْر السليكون (س)، شِبْهِ الفلزّ، إلى الأرجون (غو)، اللّافلزّ. وتتغيّرُ العناصرُ من مُكوِّناتِ هوابط (كاتيونات) إلى مُكوِّنات صَواعِدَ (أنيونات).

تَناقُصُ الحَجْم

يظَلُّ عددُ الغِلافات نَفْسه عَبْر الدَّورة؛ لكنْ يتناقَصُ حجمُ الذرّة بتزايُدِ عددِ الإلكترونات، وذلكَ لأنّ زيادةَ البروتونات في النَّواة تزيدُ جَذْبَها للإلكتروناتِ نحوَها.

١١
ص
الصوديُوم
٢٣

١٢
مغ
المغنيسيوم
٢٤

١٣
لم
الألومنيوم
٢٧

١٤
س
السليكون
٢٨

١٥
فو
الفسفور
٣١

١٦
كب
الكبريت
٣٢

١٧
كل
الكلور
٣٥

١٨
غو
الأرجون
٤٠

لمزيد من المعلومات انْظر

البِنْيَة الذرّيّة ص ٢٤
الترابُط الكيماويّ ص ٢٨
العناصر ص ٣١
الفلزّات القِلْويّة ص ٣٤
أشباه الفلزّات ص ٣٩
الغازات النَّبيلة ص ٤٨
سلسلة التفاعُليّة ص ٦٦
حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

الفلِزَّاتُ القِلْويَّة

أكثَرُ عناصِرِ المجموعة ١، من الجَدْولِ الدَّوريّ، شيوعًا هو الصوديُوم أحدُ مُكَوِّنَي مِلْحِ الطعام. وتُدعى عناصِرُ هذه المجموعة الفلِزّاتِ القِلْويَّة، لأنَّها تتفاعَلُ مع الماء لتكَوِّنَ محاليلَ قِلْويَّةً. البوتاسيوم، أحَدُ مُقوِّمات الأسمِدة المعروفة مثل كبريتات البوتاسيوم ونترات الشيلي، هو عنصرٌ آخرُ في هذه المجموعة. ومن عناصِرِ هذه المجموعة أيضًا الليثْيُوم الذي تُستخدمُ مُرَكَّباتُه طِبِّيًّا في معالجة حالات الاكْتئاب الهَوَسِيِّ العُصابِيَّة. كما يُمزجُ الليثْيُوم مع الألومنْيُوم في سَبائكَ خفيفةٍ مَتينةٍ تُستخدمُ في بناء الطائرات. وجميعُ الفلِزّات القِلْويَّة ذاتُ لونٍ أبيضَ فِضِّيٍّ، وتتزايد تفاعُليَّتها نُزولًا إذ يحوي الغِلافُ الخارجيُّ لِذَرّاتها إلكترونًا واحدًا يتناقصُ انجِذابُه إلى النَّواةِ من أعلى المجموعة إلى أسفلها.



الجَدْوَلُ الدَّوريّ

تتألَّفُ المجموعةُ ١ من: الليثيوم (لث) والصوديُوم (ص) والبوتاسيوم (بو) والروبيديوم (بيد) والسّيزيوم (سز) والفرانسيوم المُشِعّ (فر)

جميعُ الفلِزّات القِلْويّة ليِّنةٌ بحيثُ تقطع بالسِّكين.

يتفاعَلُ الصوديوم بسُرعةٍ مع أكسجين الهواء بحيث يكمَدُ سطحه المخدوشُ في بِضع دقائق. لذا تُحفَظُ الفلِزّاتُ القِلْويَّةُ مغمورةً في الزَّيت.

يتفاعَلُ البوتاسيوم أيضًا مع أكسجين الهواء، وبسُرعةٍ أكثَرَ من الصوديوم.

التفاعُل مع الماء

تتفاعَلُ قطعةٌ من البوتاسيوم مع الماء بقوّةٍ نشطةٍ بحيث تُدَوِّمُ آزّةً فوق كامل السطح مُكوِّنةً فقاقيعَ من غازِ الهدروجين الذي يشتعِلُ بلَهَبٍ أزرقَ قرنفُليٍّ. وينتجُ هذا التفاعُلُ هدروكسيد البوتاسيوم الذي يُحَوِّلُ الماءَ إلى محلولٍ قِلْويٍّ؛ ويَسْخُنُ الماءُ بحرارةِ التفاعُل. وتتفاعل جميعُ الفلِزّات القِلْويَّة مع الماء بشكلٍ مُماثِلٍ، لكنَّ الروبيدْيُوم والسّيزْيُوم يتفجَّران عند مُلامسته.

صِناعةُ الصّابون

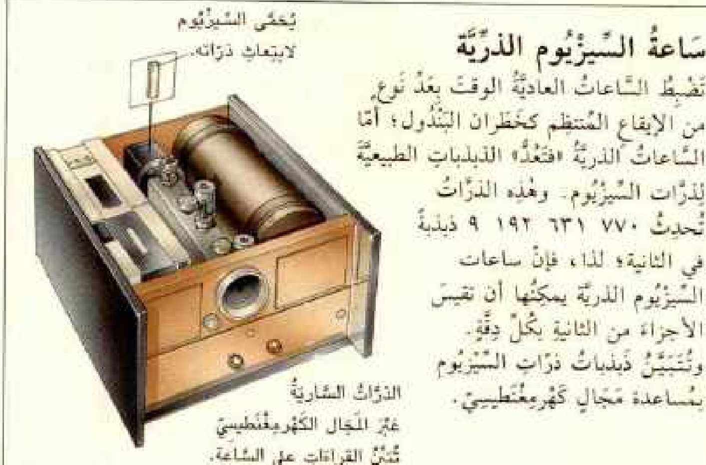
يُصنَعُ الصابونُ الجامد (أو السّائل) بإغلاءِ الدُّهْن مع هدروكسيد الصوديوم (أو البوتاسيوم). ويُعتقَدُ أنَّ المصريِّين القُدماء كانوا أوّلَ من صنَع الصّابون.

مَصابيحُ الصوديوم

تتوهَّجُ مصابيحُ الشوارع بِلَونٍ أصفرَ برتقاليٍّ زاهٍ لأنها تحوي بُخارَ الصوديوم الذي يُصدِرُ هذا اللونَ عند مُرورِ الكهرباء عَبْرَه؛ كما تُعطي مُركَّباتُ الصوديوم لونًا مُماثلًا عندما تُعرَّضُ لِلَّهَب.

إسْتِخراجُ الصوديوم

يُستخرجُ الصوديوم من مِلْحِ الطعام (كلوريد الصوديوم) باستخدام خليَّةِ داوْن. يُحَمَّى المِلْحُ إلى ٨٠٠° س حتّى ينصهِرَ، ويَسري التيّارُ الكهربائيُّ في الملح المُنْصَهِرِ عَبْرَ مَصعَدٍ (أنودٍ) من الغرافيت ومَهبِطٍ (كاثود) من الفُولاذ؛ فيتحَلَّلُ المِلحُ إلى عنصُرَي الصوديوم والكلُور. هذه العمليَّةُ تُدعى عمليَّةَ الكَهْرَلَة (التحليل الكهربائي)؛ وكان السِّير هَمْفري ديفي (١٧٧٨-١٨٢٩) أوَّلَ مَن إسْتخدَمَها.



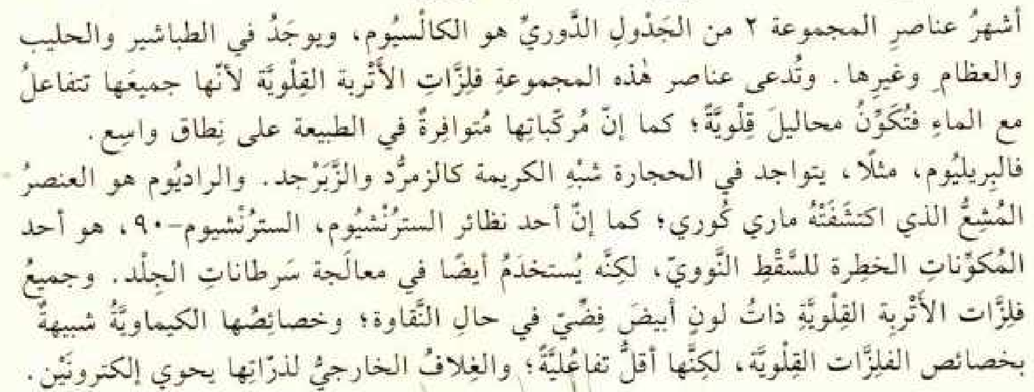
ساعةُ السّيزْيُوم الذرِّيَّة

تَضْبِطُ السّاعاتُ العاديَّةُ الوقتَ بِعَدِّ نَوعٍ من الإيقاع المُنتظم كخطَران البَنْدول؛ أمّا السّاعاتُ الذرّيَّةُ «فتَعُدُّ» الذبذباتِ الطبيعيَّةَ لِذرّاتِ السّيزْيُوم. وهذه الذرّاتُ تُحدِثُ ٧٧٠ ٦٣١ ١٩٢ ٩ ذبذبةً في الثانية؛ لذا، فإنَّ ساعاتِ السّيزْيُوم الذرّيَّة يمكِنُها أن تقيسَ الأجزاءَ من الثانية بكُلِّ دِقّةٍ. وتُتَبيَّنُ ذبذباتُ ذرّاتِ السّيزْيُوم بمُساعدة مَجالٍ كَهْرمغنطيسيّ.

لمزيد من المعلومات انظر

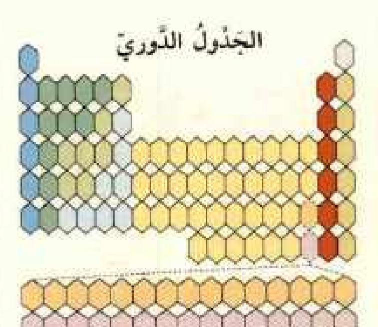
الترابط الكيماوي ص ٢٨
الجَدْول الدَّوريُّ للعناصر ص ٣٢
الكَهْرَلَة (التحليل الكهربائي) ص ٦٧
القِلْويّات والقواعد ص ٧٠
الكيمياء الزراعيّة ص ٩١
صناعة القِلْويّات ص ٩٤
الكَهْرمغنطيسيّة ص ١٥٦
حقائق ومَعلومات ص ٤٠٢

فلِزَّاتُ الأَتْربة القِلْويَّة



أشهرُ عناصرِ المجموعة ٢ من الجَدْولِ الدَّوريِّ هو الكالْسيُوم، ويوجَدُ في الطباشير والحليب والعظامِ وغيرِها. وتُدعى عناصر هٰذه المجموعةِ فلِزَّاتِ الأَتْربة القِلْويَّة لأنّها جميعَها تتفاعلُ مع الماءِ فتُكَوِّنُ محاليلَ قِلْويَّةً؛ كما إنّ مُركّباتِها مُتوافِرةٌ في الطبيعة على نِطاق واسِع. فالبِريليُوم، مثلًا، يتواجد في الحجارة شِبْهِ الكريمة كالزمرُّد والزَّبَرْجَد. والراديُوم هو العنصرُ المُشِعُّ الذي اكتَشفَتْهُ ماري كُوري؛ كما إنّ أحد نظائر السترُنْشيُوم، السترُنْشيوم-٩٠، هو أحد المُكوِّناتِ الخطِرة للسَّقْطِ النَّوويّ، لكنّه يُستخدَمُ أيضًا في معالَجة سَرطاناتِ الجِلْد. وجميعُ فلِزّات الأتْربة القِلْويّةِ ذاتُ لونٍ أبيضَ فِضّيّ في حالِ النَّقاوة؛ وخصائصُها الكيماويّةُ شبيهةٌ بخصائص الفلِزّات القِلْويّة، لكنّها أقلُّ تفاعُليّةً؛ والغِلافُ الخارجيُّ لذرّاتِها يحوي إلكترونَيْن.

الجَدْولُ الدَّوريّ



تتألّف المجموعة ٢ من: البريليوم (بي) والمغنيسيوم (مغ) والكالسيوم (كا) والسترنشيوم (سر) والباريوم (با) والراديوم (د) المُشِعّ.



وَجْبةُ الباريُوم

يُعطَى بعضُ المرضى في المستشفيات «وَجْبةً» تحوي كبريتات الباريوم قَبْلَ التصوير بالأشعة السِّينيّة (أشعة إكس). وهذا المركّب غير مُنْفِذ لأشعة إكس - مِمّا يُظهِرُ الجهازَ الهَضْميَّ بِوُضوحٍ على الصُّورة؛ فيُيَسِّرُ للأطباءِ تَشخيصَ الحالةِ وتحديدَ العِلّة.

ألوان الأسْهُم الناريَّة

الألوانُ الزاهيةُ التي نُشاهِدُها في المُفَرْقَعات الاسْتِعراضيّةِ تُنتِجُها بِصُورةٍ رئيسيّةٍ فلِزّاتُ الأتربة القِلْويّة. فالمَغْنيسيوم يُستخدَمُ في بعض الأسْهُم الناريّة لِيُولِّدَ الضوءَ الأبيضَ السّاطِع، كما إنّ مُركّباتِ السترُنْشيُوم تُنتِجُ الألوانَ القِرمِزيّة، وتُوَلِّدُ مُركّباتُ الباريوم اللونَ الأخضرَ بِظِلالِه المُختلفة.

السَّبائك الخفيفة

يُستخدَمُ المَغْنيسيوم على نِطاق واسِعٍ في سبائكِ هياكِلِ الدرّاجات. ومِن مُقوّماتِ هذه السبائك أيضًا فِلِزّاتٌ أُخرى، كالألومِنيُوم والخارصين (الزِّنْك)، تَجعَلُها خفيفةً ومَتينة.



اليَخْضُورُ يُكسِبُ النباتاتِ لونَها الأخضر.

المَغْنِسيُوم الحَيَويّ

اليَخْضُور (الكلُوروفيل) ضروريٌّ جدًّا للنباتات في عمليّة التخليق الضوئي (تصنيع الكربوهدرات). فاليَخْضُورُ يحوي مُركّبات المَغْنِسيُوم التي تُساعد النَّبات في أسْرِ الطاقةِ الشَّمْسيّة ليَقُومَ بعمليّة التخليق.



يوجَدُ اليَخْضُور في البلاستيدات الخضراء، وهي جُسَيماتٌ دقيقةٌ في خلايا النَّبات.



شَلّالاتٌ طباشيريّة

في ينابيع باموكال الحارّة بتُركيا يُبَقْبِقُ الماءُ السّاخنُ متصاعدًا نحو السطح لِيَنْساب شَلّالاتٍ فوق الصخور المكتنفة. فإذا كان محتوى الماءِ من الطباشير الذَّوّابة (بيكربونات الكالسيوم) وفيرًا، يأخذُ هذا بالترسُّب بعد تبخُّر الماء دَلْوات (ج. دَلاة) من الطباشير غير الذَّوّابة (كربونات الكالسيوم).



كالْسيومُ العِظَام

الكالسيُوم عُنصرٌ قِوامِيٌّ رئيسيٌّ في العِظام حيث يُوجد فيها مُركّبًا كفُسفات الكالسيوم. وهٰذه تكسِبُ العظام صَلابةً لِتَبْنيَ هيكليّةَ الجِسْمِ وتَقيَ أجزاءَه الأُخرى.

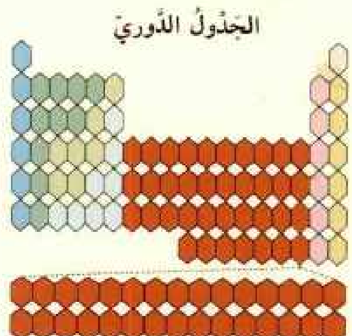
لمزيدٍ من المعلومات انْظر

الجدول الدّوريّ للعناصر ص ٣٢
المركّباتُ والمزيجات ص ٥٨
القِلْويّاتُ والقواعد ص ٧٠
التخليق الضّوئيّ ص ٣٤٠
الهياكِل الدّاعمة ص ٣٥٢
حقائق ومَعلومات ص ٤٠٢

الفلِزّاتُ الانْتقاليّة

الحديدُ والنيكلُ والفِضّة والذّهبُ فلِزّاتٌ نَموذجيّة، وهي برّاقةٌ صَلْدةٌ مَتينةٌ، ومُوَصّلاتٌ جيّدةٌ للحرارة والكهرباء، وذاتُ درجات انْصهارٍ عالية. وهي، في الجدول الدّوريّ للعناصر، مع معظم الفلِزّات النّموذجيّة الأُخرى، تؤلّفُ كتلةً مَركزيّةً من العناصِر تُدعى الفلِزّات الانتقالية. إنّ كُلًّا من هٰذه العناصر شبيهٌ جدًّا بالعناصرِ التي تُجاوره في الجَدْولِ الدّوريّ. وبالإضافة إلى كونِها فلِزّاتٍ نَموذجيّةً، فللعناصر الانتقاليّة خصائصُ أُخرى مُشتركةٌ. فالكثيرُ منها ذو تكافُؤٍ مُتغيِّرٍ، والكثيرُ منها حفّازاتُ تفاعُلٍ جيّدة، كما إنّها تشكّلُ سَبائكَ مَتينةً مع فلِزّات أُخرى، والكثيرُ من مُركّباتها مُلوّن.

الجَدولُ الدّوريّ



هنالك كثرةٌ من الفلِزّات الانتقاليّة؛ بعضها معروفٌ مالوف والبعضُ الآخر نادر جدًّا. وتتضمّن الفئةُ الاكثرُ شُهرةً الحديد (ح) والكوبلْت (كو) والنيكل (ني) والنُّحاس (نح) والخارصين (خ) والفِضّة (ف) والكادميوم (كد) والتنجستن (تن) والبلاتين (بت) والذّهب (ذ) والزئبق (بق).

الفلِزّاتُ الانتقاليّةُ في السيّارات

السيّارةُ مَثلٌ جيّدٌ على شيءٍ مُصنّعٍ منْ فلِزّاتٍ انْتقاليّةٍ عديدة. فهيكلُها يتألّف من الفولاذ المُطاوع، وهو حديدٌ به قليلٌ من الكربون. ويحوي الفولاذُ أيضًا مقادير ضئيلةً من المُتغيّر لتَحسين نوعيته ومُقاوَمته. وقد يُغلّفُ الهيكل الفولاذي (أي يُطلى بالزّنك) لوِقايته من الصّدأ.

تُصنعُ نوابضُ الصّمامات، التي تحكُم صِماماتِ تنظيم سَريان مَزيج الوَقود، من الفولاذ المَمزوج بالكْروم والڤاناديوم لكي تَصمُدَ لدرجاتِ الحرارة المُرتفعة، وتَدُوم لِفترةٍ أطول.

الإلكترود السُّفليّ

الإلكترود الأوسط

شَمْعةُ إشْعال

يُصنعُ الجِسْمُ الرئيسيُّ والإلكترود السُّفليّ لشمعة الإشعال (بالشَّرر) من الحديد. أمّا الإلكترود الأوسطُ فيصنعُ غالبًا من سبائك النُّحاس.

تُصنعُ دِهاناتُ السيّارات غالبًا باستخدام مُركّباتِ الفلزّات الانتقالية. فقد يحوي الدِّهانُ الابيضُ ثاني اكسيد التّيتانيوم؛ والدّهانانِ الاحمرُ والاصفرُ قد يحويان كبريتيدات الكادْميوم.

يُطْلى عاكِسُ المِصْباح الاماميّ غالبًا بالكْروم، فبه تتمُّ الطّلْيةُ النهائيّةُ الصقيلةُ والصّلْبةُ فوق طبقاتِ اساسٍ من النيكل والنُّحاس.

تحوي بُصيلةُ مِصباحِ الإضاءة فَتيلةً من التّنجستن الذي يحتفِظُ بمتانَته على درجات حرارة الإبيضاض (حوالى درجة ١٦٠٠° س)، ويدومُ طويلًا.

تُصنعُ نوابضُ التّعليق من الفولاذ الذي يحوي نسبةً مئويةً عاليةً من الكربون، وهو يصلّدُ ويُعالَجُ بالحرارة لزيادة قوّته ومُقاومته.

يُصنعُ بدنُ المُحرّك (الذي يحوي الأسطواناتِ حيثُ يُلْهَبُ مزيجُ الوَقود) من حديد الصّبّ، وهو يحوي نِسْبةً مئويّةً عاليةً من الكربون وشوائبَ أخرى، كما إنّه رخيصُ الثمن ويُقاومُ جيّدًا للصدمات.

يُستخدمُ الفُولاذُ الذي لا يَصْدأ، وهو حديدٌ مُشَبّبٌ بالكْروم والنّيكل، للزّخارف في أماكنَ مُختلفةٍ؛ كما يُستخدمُ في صُنعِ أنابيبِ الانفلات أحيانًا.

تتألّفُ المحامِلُ في صندوق المُسنّنات من طبقاتٍ مُتعدّدة. بطانَتُها الداخليّةُ تتألّف من شبيكةِ محامِلَ ليِّنةٍ بشبيًا تحوي معادنَ فلِزّيّةً كالنُّحاس والقصدير والرصاص؛ امّا غلافُها الخارجيُّ فمنَ الفُولاذ.

يحوي المُوَلّدُ، وهو جهازُ توليد الكهرباء في السيّارة، ملفّاتٍ من أسلاك النُّحاس الرفيعة. وفي أماكنَ أُخرى من السيّارة، قد يبلُغُ طولُ أسلاكِ النُّحاس التي تُوصّل مُقوّماتِها الكهربائية حوالى ١٠٠ متر.

الخارصين (الزّنك)

يُستخدمُ الخارصين كثيرًا في البطّاريّات. فهو يُشكّلُ الغِلافَ الخارجيَّ في البطاريّات الجافة كبطاريّاتِ مصابيح الجيب. أمّا بطّاريّةُ الزّئبق القُرصيّةُ الصغيرةُ، فالخارصين في دواخلها.



بطّاريّةٌ عاديّةٌ منْزوعةٌ البطاقةِ الخارجيّةِ لتِبيان الغلافِ الخارصينيّ.

بطّاريّةٌ من النّوع الذي تَجِدُه داخلَ بعضِ الساعات.

الفلِزّاتُ المِغْنطيسيّة

الحديدُ والكوبلْتُ والنيكل يمكنُ مَغْنطتُها بقُوّة. المغانِطُ الكهربائيّةُ ذاتُ قلْبٍ من الحديد المُطاوعِ يتمغْنطُ بقُوّةٍ عند إمرار الكهرباءِ في المِلفّات التي تُحيط به. وتُستخدمُ المغانطُ الكهربائيّةُ لنَقْلِ فُضالات الحديد الهالكة والخُردة، فتُلتقطُ هذه الفُضالاتُ عند وَصْلِ الدّارة الكهربائيّة وتَسقُطُ عند قَطْعِها.

الحديدُ ضروريٌّ للحياة

بعضُ المركّباتِ الحاويةِ الحديدَ ضروريّةٌ للكائنات الحيّة. ففي النّبات، تُسهِمُ مُركّباتُ الحديد في تكوين اليَخضور (الكلوروفيل) الأساسيّ في عمليّة التخليق الضوئي. وفي اللّبونات يَتواجدُ الحديدُ في هيموغلوبين (يَحْمور) كريّات الدم الحمراء؛ وهو يحمِلُ الأكسجين إلى مُختلف أنحاء الجِسْم.



ملفوف أخضر

خلايا الدّم الحمراء



الفِضّة

الفِضّةُ فلزٌّ ثمين، استُخدِم في صناعة الحُليّ مُنذُ آلاف السِّنين. ويُستخدمُ اليوم على نطاقٍ واسعٍ في صناعةِ التصوير الفُوتوغرافي، لأنّ مُركّباته مع الكلُور والبروم واليود حسّاسةٌ جدًا للضَّوء، وهي تُؤلّفُ المُقوّماتِ الفعّالة على سَطح الأفلام الفُوتوغرافيّة. تتأثّرُ مركّبات الفضّة كيماويًا بالضَّوء، وتتغيّرُ؛ ويُستبانُ هذا التغيُّرُ في عمليّة التظهير حيثُ تُحوَّلُ مُركّباتُ الفِضّةِ المتأثّرة بالضّوء إلى فِضّةٍ نقيّةٍ تؤلّفُ حُبيباتُها الصغيرةُ مناطقَ السّلبيّة الفوتوغرافيّة القاتمة.

البلاتين

البلاتين فلزٌّ نفيسٌ يُستخدمُ في صناعة الحُليّ كما الذّهبُ والفِضّةُ. وتعود نفاستُه إلى كونه نادرًا وجذّابًا؛ كما إنّه لا يَصْدأُ ولا يَبْلى؛ لذا يُستخدمُ أيضًا في صناعةِ الالكترودات والدّارات الإلكترونيّة - التي لن تعملَ كما ينبغي إذا صدِئت أسلاكُها أو اتكلَت. أمّا الاستعمالُ الرئيسيُّ للبلاتين في الصناعة فهو كحافزٍ كيماويٍّ يُسرّعُ التّفاعُلاتِ الكيماويّةَ كما في تكسير المُنتجاتِ النّفطيّة.

يتألّف هذا الإلكترودُ المُربّعُ الصغير من البلاتين. وهو فعّالٌ يدوم طويلًا ولا يَصْدأ.

سَبائكُ النيكل

تُسكُّ النقودُ المعدنيّةُ الفِضيّةُ اللّونِ من سبائكِ النُّحاسِ والنيكل. ويُستخدمُ النيكل، مع فلزّين انتقاليّين آخرَيْن هما الحديدُ والكرُوم، في صناعةِ الفولاذ الذي لا يصدأ. والنيكلُ فلزٌّ صَقيلٌ لا يَصدأُ ولا يفقدُ بريقَه؛ وهو يُكسِبُ خصائصَهُ هذه لسبائكه. ويؤلّفُ النيكل مع الحديد سبيكةً لافتةً مُميّزةً (هي الانفار) تُستخدمُ في آلاتِ القياس الدقيقةِ، تكادُ لا تتمدّدُ أو تتقلّصُ بتغيُّرِ درجات الحرارة.

قُرَيصاتٌ من النيكل النّقيّ.

الفلزّاتُ الطبيعيّةُ التواجُد

مُعظَمُ العناصر لا يَتواجدُ طبيعيًا (في حالةِ النقاوة) في قِشرةِ الأرض، ما خلا بعضَ الفلزّاتِ الانتقاليّةِ، كالنُّحاس والفِضّةِ والذّهبِ والبلاتين. وقد ظلّ الذّهبُ على مدى القُرون أكثرَ الفلزّات نفاسةً؛ فهو أحدُ العناصر الأقلّ تفاعُليّةً كيماويّةً في الجدول الدّوريّ. وفي الصورةِ المُقابلةِ سبائكُ ذهبيّةٌ نقاوتُها ١٠٠٪ تقريبًا، وهي لا تَفقِدُ بريقَها أبدًا.



تُرقّمُ السبائكُ الذّهبيّةُ لأسبابٍ أمنيّة.

صُورةٌ مُلوّنة بأشعّة إكْس لمَفصِل الوَرِك التيتانيومي مُثبّتًا في مكانه.

مَفصِلُ الوَرِك التيتانيوميّ هذا لن يتفاعلَ كيماويًا مع ما يُحيط به من الأنسجة حين يُثبّتُ في مكانه.



التيتانيُوم

التيتانيُوم فلزٌّ متينٌ قويٌّ عديمُ التفاعُليّة. لذا فهو يُستخدمُ لاستبدالِ مَفاصلِ الوَرِك ولأيّ أجزاءٍ أُخرى تُغرَسُ في الجِسم لرَأْبِ أو استبدال العِظام المَعْطوبة.

لمزيد من المعلومات انظر
النّشاط الإشعاعيّ ص ٢٦
الحفّازات ص ٥٦
الحديد والفولاذ ص ٨٤
السّبائك ص ٨٨
الأصباغ والخُضُب ص ١٠٢
الطاقة النوويّة ص ١٣٦
الكهرمغنطيسيّة ص ١٥٦
التصوير الفُوتوغرافيّ ص ٢٠٦
حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

السّلسلةُ الانتقاليّةُ الدّاخليّة

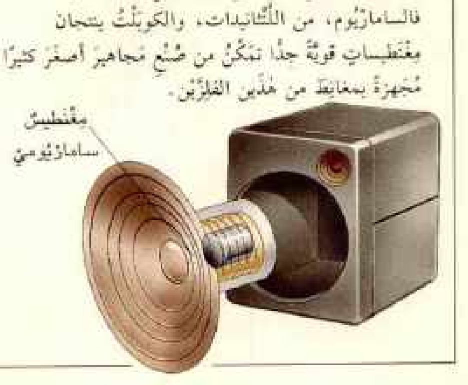
قسمٌ من السّلسلةِ الانتقاليّة للفلزّات، هو السّلسلةُ الانتقاليّةُ الداخليّةُ، يتألّف من دورتين في الجدول الدّوريّ هما اللَّنثانيدات، التي اللّنثانومُ أوّلُ عناصرها، في الدورة ٦، والأكتينيدات، التي يتصدّرُها الأكتينيوم، في الدورة ٧. إنّ للعناصر ضمن كُلٍّ من هاتين المجموعتَيْن خصائصَ كيماويّةً مُتماثلةً؛ فاللّنثانيداتُ مُتماثلةٌ إلى حدٍّ يجعلُ الكيميائيين يجدون صعوبةً في التفريق بينها. والأكتينيدات كُلُّها مُشِعّةٌ، بالإضافة إلى كونِ خصائصها مُتماثلةً.

بَطّاريّاتُ غاليليُو

السّابرُ الفضائيُّ الأمريكيّ، غاليليُو، المُتّجهُ نحو المُشتري، مُزوّدٌ ببطّاريّات نوويّةٍ (تُدعى مُولّداتٍ كهروحراريّةً بالنظائر المُشعّة) يُمدُّها البلوتونيُوم بالطاقةِ اللّازمة.

الساماريُوم في المِغنَطيسات

المِغنَطيساتُ في المجهارِ تُساعدُ في بَثّ الصوت. فالساماريُوم، من اللّنثانيدات، والكوبَلْتُ ينتجان مِغنَطيساتٍ قويّةً جدًا تمكّنُ من صُنعِ مجاهيرَ أصغرَ كثيرًا مُجهزةً بمغانِطَ من هذَين الفلزّيْن.



مِغنَطيسٌ ساماريُوميّ





اليورانيُوم

اليورانيُوم المُنقّى

اليورانيُومُ أشهرُ الأكتينيدات، فهو الوَقودُ المُستخدمُ في المُفاعلات النوويّة. يُستخرجُ اليورانيُومُ من البِتْشْبلِنْد؛ ويجري تعدينُ هذا الخام بمُراقبةٍ وحِرْصٍ شديدين.

الفِلِزّاتُ الوَضيعة

بعضُ الفِلِزّات رِخوةٌ ضعيفةُ مُقاومةِ الشَّدّ سَهلةُ الانْصِهار؛ ورُغم تسميتِها بالوضيعة فإنها عظيمةُ الفائدة. اِستَخدمَ الناسُ القصدير والرَّصاصَ مُنْذُ أقدم العُصور لسُهولةِ استِخلاصِهما من خاماتهما. وهما مُفيدان بخاصَّةٍ في صُنْعِ السبائك؛ فالبرونز، وهو مزيجُ النحاس والقصدير، كان أوَّلَ السبائك التي صاغها الإنسانُ حوالى العام ٣٥٠٠ق.م. وقد عُرِفَتْ سبائكُ اللِّحام والبِيوتَر (سبيكة الأواني المنزليّة) القصديريّةُ الرَّصاصيّةُ لاحقًا. واستخدَمَ الرُّومانُ القُدامَى الرَّصاصَ، وهو أحدُ أكثف الفِلِزّات الشّائعة، في شَبكات المياه، كما ما زِلْنا نستخدمُه اليوم. لكِنَّ استخدامَ الرَّصاص ينطوي على خطَر التسمُّم إذْ إنَّ سُمِّيّتَهُ تراكميّةٌ في الجِسْم. ومن الفِلِزّات الوضيعة أيضًا الألومِنْيُوم – أحدُ الفِلِزّات الأخَفّ (الأقلّ كثافةً)، وهو سَهلُ التشكيلِ ومُقاوِمٌ للتأكسُد.

الجَدولُ الدَّوريّ



الالومِنْيُوم (لم)، الجاليوم (جا)، الإنديوم (ند)، الثاليوم (ثل)، القصدير (ق)، الرَّصاص (صا)، البِزْموث (بز) والبُولونيوم (بن)



يُصْنَعُ هيكلُ الطائرةِ وأسطُحها من صفائح مُبرشَمةٍ معًا من سبائك الالومنيوم.
والالومنيوم يتفاعَلُ بسُرعة مع أكسجين الهواء مُكَوِّنًا طبقةً واقيةً تمنعُ استمرار التأكسد؛ لذا فهو لا يحتاجُ طبقةَ دِهانٍ تقيه من التآكُلِ كالحديد.

جَناحُ الطائرة أجوفُ غدا بضعةَ «اضلاع» تثبِّتُ أسطُحَه الالومنيوميّةَ الخارجيّةَ في مَواقعها، وهذا يُخَفِّفُ وَزْنَ الطائرة إلى الحَدِّ الأدنى.



ثقيلٌ كالرَّصاص

كَثافةُ الرَّصاص عاليةٌ، لذا فهو حائلٌ جيِّدٌ ضِدَّ الإشعاع. ويُستَفادُ من هٰذه الخاصّة في المراكزِ النوويّةِ وأقسامِ الأشِعّةِ السّينيّةِ في المُستشفيات، حيث يلبَسُ العاملونَ مآزِرَ مُرَصَّصةً. تُحَضَّر هٰذه المآزِرُ بشَيِّ مَزيجٍ من مَسْحوق الرَّصاص مع مادّةٍ لَدْنةٍ للحصول على صفائحَ مَرِنةٍ قابلةٍ للانْثِناء. ومنها تُقَصُّ الأرديةُ والمآزِر بالشكل المُناسِب.



قد يتسبَّبُ خُرْدُقُ الرَّصاص (من بنادق الصيد) بتلَوُّث البَراري؛ فالطيورُ التي تبتلِعُه تتسمَّمُ به تدريجيًّا.

الزُّجاجُ المُرَصَّص



بَريقُ البِلّور يَنتجُ من إضافة أكسيد الرَّصاص إلى الزُّجاج. والرَّصاصُ أيضًا يُطَرّي الزُّجاجَ البِلّوريَّ فيَسْهُلُ نَقْشُهُ وحَفْرُ التّصاميمِ البَرّاقةِ عليه.

سَبائكُ الألومِنْيُوم

الألومِنْيُومُ فِلِزٌّ لَيِّنٌ وضعيف؛ وهو مألوفٌ كفِلِزِّ الرِّقائقِ المِطْبَخيّةِ الاستِعمال. لكنَّ الألومنيوم مسبوكًا مع فِلِزّات أخرى كالنحاس يُصبِحُ صَلْدًا ومَتينًا كالفولاذ. وتُستَخدمُ سبائكُ الألومنيوم في بناء الطائرات لأنّها تَجمَعُ بين المَتانة والخِفّة.

الاِستِخْداماتُ الكهربائيّة

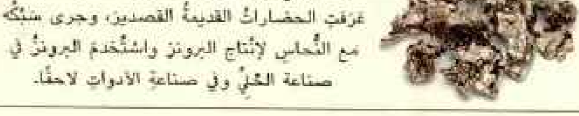
الالومنيوم مُوَصِّلٌ جيّدٌ للكهرباء، وهو يُستَخدمُ في شبكات خُطوطِ النَّقْلِ الكهربائيّة العاليةِ التوتُّر المحمولةِ على أبراجٍ ضخمةٍ في طُول البلاد وعَرضِها. وهٰذه الخطوطُ (الكُبول) ذاتُ قَلْبٍ فولاذيٍّ يُكسِبُها مَتانةً وقوّة.

عُلَبٌ مُقَصْدَرَة

يُستَخدمُ القصديرُ النَّقيُّ على نطاقٍ واسعٍ في طِلاء الفولاذ لِصُنْعِ صفائح الصّاج إمّا بِغَمْره في القصدير المُنْصَهِر أو بالكهرلة (التحليل الكهربائيّ). عُلَبُ التنك العاديّةُ تُصنَعُ من صفائح الصّاج، أمّا غالبيّةُ عُلَبِ المشروبات فتُصْنَعُ من الألومنيوم.

سَبائكُ القصدير والرَّصاص

يُستَخدمُ البِيوتَر، سبيكةُ القصدير والرَّصاص، في صُنْعِ الأباريق المعدنيّة والزخارِف. أمّا سَبائكُ اللِّحام فمَزيجٌ مختلِفٌ من القصدير والرَّصاص يُستَخدمُ في لِحام الفِلِزّات لِوَصْلِ الأنابيب والدّارات الكهربائيّة.



للقصدير شكلان أبيضُ ورماديّ، ويتحوَّلُ الشكلُ الأبيضُ إلى الشكل الرماديّ المسحوقيّ على درجات الحرارة الخفيضة. وقد عَرَفَتِ الحضاراتُ القديمةُ القصدير، وجرى سَبْكُه مع النُّحاس لإنتاج البرونز واستُخدمَ البرونزُ في صناعة الحُلِيِّ وفي صناعة الأدوات لاحقًا.

لمزيد من المعلومات انظر

البِنْيَة الذرّيّة ص ٢٤
الجَدْول الدَّوريُّ للعناصر ص ٣٢
سِلْسِلَة التّفاعُليّة ص ٦٦
الكَهْرلة (التحليل الكهربائيّ) ص ٦٧
الألومِنْيُوم ص ٨٧
السّبائك ص ٨٨
حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

أَشْباهُ الفلِزَّات

الجَدْوَلُ الدَّوريّ



البُورون (ب)، السّليكون (س)، الجرمانيوم (جر)، الزِّرْنيخ (ز)، الأنتيمون (نت)، السلنيوم (سل) والتلوريوم (تل)

مُعظم العناصر الكيماويّة ذو خصائصَ مُعيَّنةٍ تُميّزُه وتُحدّد وَضْعَه مع الفلِزّات أو مع اللّافلِزّات. لكنّ بضعةً منها ذاتُ خصائصَ تضَعُها بَيْنَ بَيْن، وهي المعروفة بأشباه الفلِزّات أو شِبْهِ المُوَصّلات. فالزِّرْنيخُ، مثلًا، فلِزيٌّ المَظْهَر لكنّه مُوَصّلٌ رديءٌ للحرارة وللكهرباء؛ وهو، كما اللّافلِزّات، يُكوِّنُ مركباتٍ مع كثير من الفلِزّات. ويُسْتَخدمُ الكثيرُ من أشْباه الفلِزّات في السّبائك، فالسّليكون، مثلًا، هو أحد أهمّ المقوِّمات المضافة إلى الحديد لصنعِ الفولاذ، والإثْمِد (الأنتيمون) يشكّلُ جُزءًا من سبيكة مَحامِلِ الكُرَيّات.

أمّا الاسْتخدامُ الأهم لأشباهِ الفلِزّات فهو في أشْباه الموَصّلات المستعملة حاليًا في صُنع الرُّقاقَات الصُّغْريّةِ ومقوّمات إلكترونيّة أُخرى.

البُورون والسّليكون

يُصْنَعُ الزُّجاج من الرَّمْل، أحد أشكال معدن السّليكا (ثاني أكسيد السّليكون). والمَرْو (الكُوارتْز) هو معدنٌ آخر من السّليكا كثيرًا ما يوجَدُ كبلّورات جذّابة. الزُّجاجُ الصامِدُ للحرارة يحوي شِبْهَ فلِزٍّ آخرَ هو البُورون الذي يحدُّ من تمدُّدِ الزُّجاج كثيرًا وتشقُّقِه عند الإحماء، فيُمكِنُ وَضْعُ الكَفْت من زُجاج البُورُوسليكَات على الموقِد مُباشرةً. لِذا تُصنَعُ الأواني الزُّجاجيّةُ المخبريّةُ من هذا النّوع من الزُّجاج.

السّليكات

السّليكون هو أكثرُ العناصر الجامدة وَفْرَةً في مادّةِ الأرض، وأكثرُ تواجُده على شكل مُركّباتٍ مُعقّدة، تُدعى السّليكات، في الصلصال والصخور. والبِلّورةُ أعلاه هي من سليكات الألومنيوم والبوتاسيوم، المعروفة بالفلسپار، أحدِ أوسع مَعادنِ الأرض انْتِشارًا.

هذه الخلايا الشّمسيّة مُقْتَطعةٌ من أسْطوانةٍ سيليكونية مُصْمَتة

الخَلايا الشّمسيّة

تُصمَّم السّواتلُ غالبًا لتبْقى في الفضاء سَنواتٍ عديدةً. والبطّاريّات العاديّة لا تدومُ طويلًا، فهي بالتالي لا تصلحُ لهذه السّواتل. لذا تُسْتَخدمُ مُوَطّراتٌ كبيرةٌ من البطّاريّات الشّمسيّة. وهذه المُوَطّراتُ الشّمسيّة تحوي ألوفًا من خَلايا السّليكون الدقيقة، التي تحوّل طاقةَ ضوءِ الشّمس مُباشرةً إلى كهرباء. وتُوضَعُ المُوَطّراتُ بحيث تظلُّ دومًا في مُواجهة الشّمس؛ ومع دَوَران السّاتل حَوْلَ الأرض، يمكن تحويلُ الكميّةِ القُصوى من ضوءِ الشّمس إلى طاقةٍ كهربائيّة.

أشْباهُ المُوَصّلات

الموادُّ التي يمكِنُ أن تصبحَ مُوصّلةً أو عازِلةً، تبعًا لما تُعالَجُ به (أي يُضاف إليها) من موادَّ أُخرى، تُدعى أشباهَ مُوَصّلات. والسّليكون هو أكثرُ أشباه المُوَصّلات استعمالًا - مُعالجًا بالبورون أو الفسفور. وتُستخدمُ أشباهُ الموَصّلات في صُنع نبائط، كالدايودات (الصمامات الثنائيّة) والترانزستورات، يُمكنُها إمرارُ التيار الكهربائي أو تقويتُه أو كبْحُه.

تَشْغَلُ آلافُ المكوِّنات الإلكترونيّة في الرُّقاقات الصُّغْريّة التي تتألف منها داراتُ المُغذّيات الإلكترونيّة.

مِفْرَق، صُهيرة صِماميّة، رُقاقة صُغْريّة، مُكثِّف، ترانزستور، مُقاوِم، مُكثِّف، رُقاقات صُغْريّة

الأسطوانات المُدمَّجة

تُسجَّلُ الموسيقى كنُقَرٍ على الأسطوانة المُدمّجة، وتتمُّ «قراءتها» بواسطة حُزمةٍ ليزريّة خفيفةِ القُدرة. والليْزر (تضخيم الضوء بانبعاث الإشعاع المُنشَّط) هنا هو ليزرٌ دايودي (شبه مُوصّلي) يبْتعثُه زِرنيخيد الجاليوم. والدايود هو نبيطةٌ مُعالجةٌ لإمرار التيّار في اتّجاه واحد فقط. هذا وتُستخدمُ اللّيزراتُ الدّايوديّةُ أيضًا لبثّ الإشارات في خطوط الهاتف الأليافيّةِ البصريّة.

أسْطوانةٌ (قرصيّة) مُدمّجة

عَدَساتٌ خاصّةٌ تُركّزُ الليزر.

تعكسُ المرآةُ حُزمةَ الليزر على الأسطوانة بحيث تتمكّنُ من «قراءة» النُّقَر.

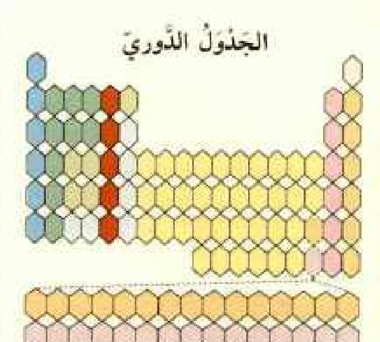
بُحَيْرصٌ ذرّاتٌ في زِرنيخيد الجاليوم على ابتعاث الضوء الذي يُقلِّبُ بعضُه مُضخَّمًا كحُزمةٍ ليزريّة.

لمزيد من المعلومات انظر

الكَرْبُون

لا بَقَاءَ لِكائنٍ حَيٍّ نباتًا كان أمْ حيوانًا بدون الكربُون. فالكربون في أجسادنا، وفي طعامنا وفي الهواء من حَوْلنا. كيميائيًا، تستطيع ذرّة الكربُون الترابُطَ مع ما قد يبلغُ أربعَ ذرّات من عناصرَ أُخرى، أو مع ذرّاتٍ أُخرى من الكربُون، بحيث يتواجد في الطبيعة من مُرَكّبات الكربُون أكثر مما يوجد من مركبات كافة العناصر مُجتمعةً. والكربُون عُنْصرٌ لافلزّيّ، يوجَدُ نقيًّا في الطبيعة على شكلِ ألماسٍ وغرافيت، أو مُرَكَّبًا كما في الصخور الكربونيَّة كالطباشير، وَالوُقُد الأُحْفوريَّة كالفَحْم، وثاني أكسيد الكربون في الهواء. عند احتراق الوُقُد، يتَّحدُ مُحْتواها من الكربون مع أكسجين الهواء مُكَوِّنًا ثاني أكسيد الكربون. لكِنّ فرطَ كميَّة ثاني أكسيد الكربُون في الجوّ يَحْتَجِزُ حرارةَ الأرض فيُسَخِّنُها، كمِثْلِ زُجاج المُسْتَنبتات الزُّجاجيَّة - فيما يُعرف بِظاهرة الدَّفيئات.

الجَدْوَلُ الدَّوريّ



تتألّف المجموعة ١٤ من: الكربُون (ك) والسّليكون (س) والجرمانيوم (جر) والقصدير (ق) والرّصاص (صا)

المَشْرُوباتُ الفَوّارة

إنّ حَبَبَ المشروبات الفَوّارة هو فقاقيعُ ثاني أكسيد الكربُون، فهذا الغازُ مُذابٌ فيها تحت الضغط، وبزوال الضغط ينطلِقُ منها حَبَبًا وفقاقيع.

أشْكالُ الكرْبُون المختلفة

للوَهلة الأُولى، يبدو الألماسُ مختلفًا جدًّا عن الغرافيت، فالألماسُ صَلْدٌ وصافٍ، والغرافيتُ لَيِّنٌ ورماديّ؛ لكِنّهما شكْلان تأصليّان للعُنْصر نفسه. ويؤلِّف الكربُون أيضًا قِسْمًا كبيرًا من الفَحْم؛ فالفَحْم عندما يُحَمّى بمَعْزِل عن الهواء، يتحوَّل إلى وَقُود لا دُخانيّ هو الكُوك. أمّا الفَحْم النباتيّ، فحمُ المناقِل، فهو كربُونٌ يُحضَّر بحَرْقِ الخشب جُزئيًا، ومثلُه فحم العظام.

الأنثراسيت، أفضلُ أنواع الفحم، إذ تزيدُ نقاوتُه على ٩٠٪.

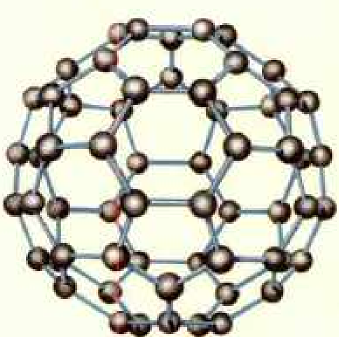
في الألماس، تترابط كُلُّ ذرّة كربُون مع أربع ذرّات أُخرى من الكربُون.

الألماس أشدُّ المعادن المعروفة صلادةً.

عندما تَرْسُم خطًّا بقلم الرّصاص يبقى أثرُ الغرافيت ظاهرًا، لأنّ صُفيحاتِ الذرّات الكربونيَّة فيه سهلةُ التمزُّق.

في الغرافيت، تترابط كُلُّ ذرّة كربُون مع ثلاث ذرّات أُخرى فقط من الكربون في صُفيحاتٍ مُسطَّحةٍ ضعيفةِ التجاذب فيما بينها.

كُرَيات بَكْمِنْسَتر الكربونيّة



عام ١٩٩٠، اكْتَشَفَ العُلَماءُ شكلًا تأصليًّا ثالثًا للكربُون، عدا الألماسِ والغرافيت. وتُشْبِه البِنْيَةُ الجُزيئيّةُ لهذا الشكل كُرَةَ القدَم أو السَّقفَ المُقَبَّبَ لِمَلْعَبٍ مُدرَّجٍ صمَّمه المهندس الأمريكي بَكْمِنْستر فُولَر، فدُعي شكلُ الكربون هذا باسمه - بَكْمِنْسْتر فُولَرين؛ كما يُدعى الجُزَيْءُ الواحد منه أحيانًا «باكيبُول» - أي كُرَة بَكي.

الكربُونُ الكَهْرَبيّ

الكربُون عُنْصرٌ لافلزيّ غير عاديّ بين اللافلزّات لأنّه مُوَصِّلٌ جيّدٌ للكهرباء. ففي صناعة الفُولاذ يُسْتخدَمُ قُطبان ضخمان من الغرافيت في فُرن القوس الكهربائيّ كإلِكترودَيْن. ويتدفّقُ شَررُ القوس الكهربائيّ وَهجًا «متقافزًا» بين الإلكترودَيْن مُنْتِجًا حرارةً شديدةً تصْهرُ الخامَ والخُردةَ الفلزيّةَ في الفُرْن.

يعُودُ الماءُ النّقيّ إلى الحَوْض.

يحتبس الفَحْمُ النّباتيّ المُنَشَّطُ الأوساخَ والشوائب.

يَشْري الماءُ الوَسِخ من الحَوْض إلى صُندُوقة الترشيح.

الألْياف الكربونيّة

تُحَمّى أليافُ الأنسجة العُضويّة لتحضير خُيوطٍ حريريّة النعومة من الكربُون النّقيّ. وتُمْزَجُ هذه الألياف بموادَّ أُخرى كاللدائن لتخليق موادَّ مؤلَّفةٍ خفيفةٍ ومتينة جدًّا. ويُسْتفاد من مؤلّفات الألياف الكربونيّة هذه في صناعة الأدواتِ والأشياء التي تتطلّبُ خِفّةً ومتانة - من مَضاربِ التّنِس حتّى الطائرات الصغيرة.

الفَحْمُ النّباتيُّ المُنَشَّط

الفَحْمُ النّباتيُّ المُنَشَّط ذو قُدْرةٍ امْتِزازيّةٍ عالية، أي إنّه يجتذب الموادَّ إلى سطحه، فيمكنُه بذلك إزالة الغازات السّامّة والروائح الكريهة من الهواء. لذا يُسْتخدَمُ هذا الفَحْم في كِمامات الغاز ومَنْظُومات التّهوية في العَرَبات الفضائيّة وكِمّامات مواقِد الطبخ؛ كما يُسْتخدَمُ أيضًا في تنقيَة السّوائل، كالماء في أحواض السّمك. فَيُمرَّرُ ماءُ الحوض المُتَّسِخ فوق الفحم النباتيّ المُنَشَّط لإزالة أوساخه، ثمّ يُعادُ نقيًّا إلى الحَوْض.

إطاراتُ مَضارِبِ التّنِس المصنوعةُ من الألياف الكربُونيّة أخفُّ وأمتنُ بكثيرٍ من الإطارات الخشبيّة.

الأليافُ الكربونيّة أرفعُ بكثيرٍ من شَعْر الإنسان، لكِنّها أقوى من الفُولاذ بثماني مرّات.

لمزيد من المعلومات انظر

الجَدْوَل الدَّوريّ للعناصر ص ٣٢
الكيمياء العُضويّة ص ٤١
الحديد والفُولاذ ص ٨٤
مُنْتجات الفَحْم ص ٩٦
تصميم الموادّ ص ١١١
دورات في الغِلاف الحَيَويّ ص ٣٧٢
حقائق ومَعلومات ص ٤٠٢

الكيمياءُ العُضْويَّة

الأقْمِشَةُ ذات الألوان الزّاهية التي لا تبْهتُ أصْبحت ممكنة بفضل أصْباغ الأنيلين.

الكربُون بالغُ الأهميّة، حتّى لقد بلغ من أهميته أنْ أُفرد لدراسته عِلْمٌ قائم بذاته هو الكيمياء العُضْويّة. ووصِفَتْ هذه الكيمياءُ بالعُضوية لأنّها كانت سابقًا تقتصِرُ على دراسة الكائنات الحَيَّة (وهي كما نَعلمُ تتألف من مُرَكَّبات الكربُون). أمّا اليوم، فالكيمياءُ العُضويّة تُعنَى بدراسة جميع مُرَكَّبات الكربُون – عدا «اللاّعُضويَّات»، كالكربونات وثاني أكسيد الكربُون. ويتَميَّزُ الكربُون عن سائر العناصر بقُدرة ذرّاته الفريدة على الترابُط فيما بينها بروابطَ مُسْتَقِرَّةٍ جدًّا. لِذا يمكنُها تأليفُ سَلاسِلَ طويلةٍ تَضُمُّ مئاتِ الأُلوف من ذرّات الكربون. تُقسَم المركّباتُ العُضْويّة إلى طوائفَ أهمُّها البْروتينات والدُّهونُ والسُّكّريات (الكربوهِدرات).

حلقةُ جُزَيْءِ البنْزين تضُمُّ سِتَّ ذرّاتِ كربُون وسِتَّ ذرّاتِ هِدْروجين.

العطريَّات (الأَرُوماتيَّات) والدهنيّات (الأليفاتيّات)

البنزين سائل عُضويٌّ لهوبٌ عديمُ اللون حادُّ الرائحة. والمركّبات العُضْويّة ذات البِنْيَة البنزينيّة الحلقيّة تُعرفُ بالأروماتيّات. وقد كان الأنيلين أحدُ هذه المركّبات (ويُعرف أيضًا بالبنزين الأميني) نقطة البداية لسِلْسِلةٍ كاملةٍ من الأصْباغ الزّاهية المعروفة بالأصْباغ الأنيلينيّة. أمّا المركّبات العُضوية التي تؤلِّفُها سَلاسِلُ من ذرّات الكربُون، دُونما حلَقات، فتُعرف بالأليفاتيّات.

الكيمياءُ الحَيَويّة

المُرَكّبات الكربونيّة تنطوي على أسرار الحياة – حياة النبات والحيوان – على الأرض. فالحياةُ ممكنةٌ فقط بفضل كيمياءِ الكربُون الفائقة التعقيد والتنوُّع الجارية باستمرار في جميع الخلايا الحيّة.

دَوْرةُ الكربُون في الكون

يَدُورُ الكربُون بين الهواء والحيوانات والنباتات والتربة باستمرار، فيما يُعرفُ بدورة الكربُون في الكَوْن.

ثاني اكسيد الكربُون في الهواء

تتحوّلُ المركّباتُ العُضْويّة في الحيوانات إلى مُركّبات عُضْويّة أُخرى وثاني اكسيد الكربُون بالتنفُّس والانحلال.

الحيوانات

تحْصلُ الحيوانات على المركّبات العضويّة من أكل النباتات.

إحتراقُ المركّبات العُضْوية في النباتات والوَقُود يُطلِقُ ثاني اكسيد الكربُون.

عند انْحِلالها تتحوّل المركبات العُضوية في النباتات إلى مُركّبات عُضويّة أُخرى وثاني اكسيد الكربُون.

تُخلِّقُ النباتاتُ السُّكريّات من ثاني اكسيد الكربون في الهواء.

الكيمياءُ العُضْويّة

عام ١٨٠٨، إستخدمَ جونز بِرزيلْيُوس (١٧٧٩–١٨٤٨)، الكيميائي السويدي، مصطلحَ «الكيمياء العُضْويّة»، عانيًا بها كيمياءَ الكائنات الحيّة.

عام ١٨٢٨، نَجَحَ فردريخ وُهْلِر (١٨٠٠–١٨٨٢)، الكيميائي الألماني، بتحضير اليُوليـنا (اليوريا) وهي مركّبٌ عُضْويٌّ طبيعيٌّ مخبريًّا من موادَّ غيرِ عُضْويّة. ومنذئذٍ صارت الكيمياءُ العضويّة كيمياءَ معظم مُركبات الكربون، وليس مُركّباته الطبيعيّة فقط.

عام ١٨٦٥، إستوحى فردريخ كاكُوله فون ستراندُونِتْز (١٨٢٩–١٨٩٦)، الكيميائي الألماني، فكرةَ البِنْيَة الحَلْقيّة للبنزين من رؤيته في المَنام أفْعى تعَضُّ ذَنَبَها.

الأيسُومرات، المُتماكِبات (المتماثِلةُ التركيب)

تَحوي بعضُ مُرَكّبات الكربُون الذرّاتِ نَفْسَها، فهي متماثلةُ التركيب، لكنَّ خواصّها مُختلفةٌ لأنّ ترتيب تلك الذرّات فيها مختلفٌ. وتدعى هذه المركّباتُ المُتماكِبات. فالبيوتان وبروبان المثيل-٢ هما مُتماكِبان (أيسُوميران). ويَحوي غازُ القوارير دائمًا بعضَ بروبان المثيل-٢ إضافةً إلى البيوتان، وكلاهما يتألَّفُ من أربعِ ذرّاتِ كربُون وعشرِ ذرّاتِ هِدْروجين.

بُرُوبان المثيل-٢

البيُوتان

تُحضَّرُ اللدائنُ بمُعالجة المُكوِّناتِ الأخفِّ في النِّفْط.

زيتُ السيّارات أحدُ مُكوِّنات النِّفْط، ويُسْتَخرجُ منه بالتقطير.

المَكثُوراتُ اللَّدائنيّة

تتّحِدُ جُزيئاتُ المركّبات الكربونيّة كالإيثين لتُشكّل سَلاسِلَ ضخمة، هي نموذجيّةٌ في اللّدائن. فالجُزَيْءُ من السِلْسِلة يُدعى مَوْحُودًا، والسِّلْسِلةُ بأكملها تُدعى مَكْثُورًا. واللّدائنُ المُختلفة تتألّف من مَوْحُوداتٍ مُختلفة.

الزَّيْتُ واللَّدائن

زَيْتُ تزليق السيّارات وأيُّ لَدينةٍ معروفة لا يبدُوان مُتشابهَيْن، لكنّ أشياءَ مُشتركةً تجمع بينهما؛ فكلاهما مادّةٌ عُضْويّة، كما إنّ مصدرَ كليهما واحدٌ، هو الزّيت الخام (النِّفْط).

الصيغة الكيماويّة للإيثين (الإثيلين) هي: ك٢ هـ٤، وهي تمثّل العدد الإجمالي لذرّاتِ الكربون والهدروجين. أمّا صيغتُه التركيبيّةُ فهي ك هـ٢ = ك هـ٢، وهذه تبيِّنُ أنّ ذرّتين من الهدروجين تترابطان مع كُلِّ ذرّة من الكربون، وأنّ ذرّتي الكربُون تترابطان برابطٍ ثُنائيّ.

تتفاعلُ جُزيئات الإيثين لتكوّنَ سِلْسِلةً طويلة من ذرّات الكربُون المترابطة بروابطَ أُحاديّة. وهذا يُنتِجُ البولِيثين اللّدائني الذي صيغته (ك هـ٢)ن، و«ن» هي عددُ تكرُّر هذه الوحدة (ك هـ٢) في المركّب المَكْثُور.

لمزيد من المعلومات انظُر

كيمياء الهواء ص ٧٤
كيمياء الجِسْم البشري ص ٧٦
مُنتجات النِّفط ص ٩٨
المَكثُورات ص ١٠٠
الأَصْباغ والخُضُب ص ١٠٢
تصميم الموادّ ص ١١١
دورات في الغلاف الحَيَويّ ص ٣٧٢
حقائق ومَعلومات ص ٤٠٦

النِّتْـرُوجين

النِّتْروجين عُنْصرٌ حَيَوِيّ أساسيّ كأحد المكوِّنات الرئيسيَّة لجِبْلَة (بروتوبلازم) الخلايا الحيَّة في النبات والحيوان؛ وهو يشَكِّلُ حوالى ٨٠ بالمئة من الهواء الجوِّيّ. والنتروجين غاز عديم اللَّوْن والطَّعْم والرائحة. ويمرّ النتروجين دومًا بمراحلَ دوريَّة تحفظهُ في الطبيعة حولنا - فيما يعرفُ بدَورة النتروجين. فالنباتات تأخذه من التُّربة، والحيوانات تحصل عليه من أكل النباتات أو الحيوانات الأُخرى. وعندما تموت النباتات والحيوانات وتتحلَّل، يَعُود النتروجين ثانيةً إلى التُّربة. وفي الطبيعة يتواجد النتروجين مركّبًا في خامات معدنية كنِتْرات الصوديوم. يتألَّفُ جُزَيءُ النتروجين في الهواء، كما الأكسجين، من ذرَّتين، ورَمْزه ن ٢ . ويكوِّن النتروجين مع الأكسجين عِدَّةَ أكاسيد، من ضمنها بعض مكوِّنات الغازات المُنفلتة من عوادم السيَّارات والمُلَوِّثة للبيئة.



تتألّف المجموعةُ ١٥ من: النتروجين (ن) والفُسْفور (فو) والزِّرنيخ (ز) والأنتيمون (نت) والبِزْموت (بز)

يمكنُ استخدامُ المتفجِّرات بأساليبَ فائقة التحكُّم لهدم مبنًى دون إلحاق الضَّرر بالمباني المُجاوِرة.

المتفجِّراتُ النتروجينيَّة

المتفجِّراتُ موادّ غير مُسْتَقِرَّة تتحَلَّلُ أو تحترق بسُرعة مُطلِقةً حجمًا ضخمًا من الغازات وحرارة شديدة، تمدُّدها مُنتِجةً مَوجة صَدْميَّة ضاغطةً مُدَمِّرة. مُعظم المتفجِّرات الكيماويَّة كالنتروغليسرين وثالث نِتريت التُّولوين (ت ن ت) تحوي النتروجين. والنتروغليسرين سائل زيتيّ فائق اللااستقراريَّة يُمزَجُ مع نوع من الصَّلصال للحصول على الديناميت - الأكثر استقرارًا وأمانًا. وتُستخدم المتفجِّرات في صناعة القنابل.



تزيد المُخصِّبات النتروجينيَّة من وَفرة المحاصيل.

الأسْمدة النتروجينيَّة

يُضيفُ المزارعون الأسمدة النتروجينيَّة إلى التُّربة لتعويض النتروجين الذي استنفدته النباتات. السَّمادُ الطبيعي (الزِّبْل) غني بالنتروجين؛ لكنْ يُفَضِّلُ العديد من الناس اليوم استِخدامَ الأسمدة الاصطناعيَّة، كالنِّترات وكِبْريتات الأمونيوم.

دَوْرةُ النتروجين في الكَوْن

مَراحلُ تَبادُل النتروجين مستمرَّة دومًا بين الهواء والحيوانات والنباتات فيما يعرفُ بدَورة النَّتروجين في الطبيعة.



النتروجين اللافعَّال

النتروجين غير فعَّال، لذا يُستخدمُ لعزل الأكسجين الشديد الفاعلية، في حاويات شَتَّى. فالإيثانول (الكحول العادي) قد يشتعل في مُحاذاة الأكسجين. لذا يُستخدم النتروجين لاستبعاده من صهاريج التخزين. كما تملأ علبُ المقلوَّات القصِمة (القرِمْشة) بالنتروجين، لاستبعاد الأكسجين الذي قد يتفاعل مع الدهنيَّات فيها فتنُوخ وتفسُد.

النتروجين السَّائل

يُجمَّدُ الطعام سريعًا باستخدام النتروجين السَّائل. فبعض الأطعمة كالفطائر بالجُبْن، مثلًا، توضع على سير النَّاقلة في مُجمِّد نَفَقيّ. وأثناء تحرُّكها تُبرَّد أوَّلًا بغاز النتروجين، ثُمَّ تُرَذُّ بالنتروجين السَّائل فتتجمَّد.



لمزيد من المعلومات انظُر

التَّرابُط الكيماويّ ص ٢٨
الجَدْوَل الدَّوريّ للعناصر ص ٣٢
كيمياء الهواء ص ٧٤
الأمونيا ص ٩٠
الكيمياء الزراعيَّة ص ٩١
المطر ص ٢٦٤
دَوْرات في الغلاف الحَيَويّ ص ٣٧٢
حقائق ومَعلومات ص ٤٠٢

النتروجين التَّخديري

يُستخدمُ غازُ أكسيد النِّتروز الزَّكي الرَّائحة كمُخَدِّر؛ ويُدعى «الغاز المُضحِك» لأنَّه يُضحِك بعض المرضى قبل غيابهم عن الوَعي وبَعْدَه. وفي القرْن التاسع عَشَر كانت تُجرى عروضٌ لاختبار تأثيرات الغاز المضحك في بيوتات خاصَّة بِلَندن، للتَّسلية فقط. ثُمَّ أدرَكَ العلماءُ لاحقًا إمكانيَّة الاستفادة من هذا الغاز كمُخَدِّر.



الفُسْفور

بعضُ المشروبات المرطِّبةِ كالكُولا ذاتُ طَعْم حادّ، وذلك عائد لاحتوائها قليلًا من حامض الفسفوريك - الذي هو أحد مُرَكّبات الفُسْفور. والفُسْفور في شكله المألوف، جامدٌ ضاربٌ إلى الصُّفرة، شَمْعيُّ القوام ذو شَفَافِيَّة طفيفة. والفُسْفور الأصفر هذا يتوَهَّجُ في الظلام، وتعرف هذه الخاصة بالتفسفر. وهو لشدّة فاعليته يحترق تِلقائيًا في الهواء، لذا يُحفظ تحت الماء. والفُسْفور أساسيُّ الأهميَّة للكائنات الحيَّة - تستخرجُهُ النباتات من التُّربة، وتحصُلُ عليه الحَيَوانات من النباتات. والفُسْفور لا يوجد في الطبيعة منفردًا بل متحدًا في مركَّبات الفُسْفات المعدنية، كفُسْفات الكالسيوم، التي يُسْتخدمُ مُعظمها في المُخَصِّبات الزراعيَّة.

الجَدْوَلُ الدوري



تتألّفُ المجموعةُ ١٥ من: النتروجين (ن) والفسفور (فو) والزِّرنيخ (ز) والأنتيمون (نت) والبِزْموث (بز)



تَعْدينُ الفُسْفور

أهمُّ خامات الفُسْفور هو الأباتيت (فُسْفات الكالسيوم الطبيعية) الذي يتواجد بأشكال عِدَّة؛ وقُراراتُهُ الرئيسيَّة المعروفة هي في المغرب وتونس بشمال أفريقيا. وتُسْتخدمُ كمّيّاتٌ ضخمة من الصُّخور الفُسْفاتيّة في صناعة الأسمدة الكيماويّة، حيث يُعالَج الصخر بحامض الكبريتيك لإنتاج السُّوبرفُسْفات المُخصب الأسْهل إمتصاصًا للنباتات.



الفُسْفور والنُّور

يُحضَّرُ الفُسْفور الأحمر بإحماء الفُسْفور الأصفر إلى درجات حرارة عالية، ثُمَّ يُدَلْفَن صفائح. ويُسْتخدمُ الفُسْفور الأحمر في إشارات الإسْتِغاثة البحريّة لإحداث أنوارٍ شديدة السُّطوع. كما إنّه يؤلّف المادّة الفعّالة في عِيدانِ الثِّقاب. ثقابُ الأمان تشتعل فقط إذا حُكَّت على سطح يحوي فُسْفورًا أحمر، أمّا التي تُحَكّ أينما كان، فتحوي مُرَكّبًا فُسْفوريًّا في رؤوسها.

أشْكالُ الفُسْفور التآصليّة

للفُسْفور ثلاثة أشكال تآصليّة رئيسيَّة: الأصْفر (الأبيض المصفرّ) والأحمر والأسْود. في الرسم إلى اليمين، قُضبانٌ وقِطعٌ من الفُسْفور الأصفر تتحوّل ببُطء إلى الشكل الأحمر الأكثر إسْتقرارًا؛ كما يمْكنُكَ مُشاهدةُ البُقع القاتمة على القُضبان. الفُسْفور الأسْود، أكثر أشكال الفُسْفور اسْتقرارًا، ويُحضَّر بإحْماء الشكل الأصْفر تحت الضغط.



فُسْفات الكالسيوم تُؤلّف جُزءًا قِواميًا من العظام والأسنان، لكنها تبدو في الطبيعة بلّوراتٍ ذاتَ ألوان متنوّعة تدعى الأباتيت.

الفُسْفاتات

مساحيقُ (أو سوائل) الغسيل تحوي ثالث بوليفُسْفات الصوديوم الذي يُزيل عُسْر الماء. وتعمل الفُسْفاتات من مياه المجارير والأسْمدة والمُنظِّفات على تلويث الأنهار وتهديد حياة الكائنات فيها. إذ إنّ فرط المغذّيات يؤدي تاليًا إلى فَرْط نماء البكتريا الحيوانيَّة التي تستهلك الأكسجين في الماء. هذا وتُسْتخدمُ الفُسْفاتات العُضويّة لمكافحة الآفات كالحشرات والقوارض.



إكْتشافُ الفُسْفور

في القَرْن السّابع عَشر، إسْتخلص الخيميائي الألماني، هِينِغ براند، الفُسْفورَ بتَبخير ٥٠ دلوًا من البَوْل، بالإغلاء وإحْماءِ الفَضالة مع الرَّمْل. وأسْماهُ الفُسْفور (أي «حامل الضوء» باليونانيّة) لأنّه يتوهّج في الظلام. واحتفظ براند بسِرِّ إكتشافه هذا؛ لكن روبرت بُويل (١٦٢٧-١٦٩١)، الكيميائي الإيرلندي، أعاد اكْتشاف الفُسْفور بعد ذلك ببضع سنوات.

الفُسْفور أساسيٌّ للحياة

مادّة العظام والأسنان معظمها من فُسْفات الكالسيوم التي تكْسِبُها صلادتها. وتؤلّف المجموعات الفُسْفاتيّة جُزءًا من د ن أ (الحامض النَّووي الريبي المَنْقوص الأكسجين) المُتواجد في نَوى الخَلايا والمتحكّم بعمليّاتها. ويُوَفر المركبُ الفسفاتي: ثالث فُسْفات الأدينوسين - (أ ت ب) الطاقةَ في الجِسْم بانْحلاله إلى ثاني فُسْفات الأدينوسين - (أ د ب) مُطلقًا طاقته المختزنة لإنْجاز نشاطٍ حركي كانقباض العضل، أو فسيولوجي كتخليق البروتين العَضَليّ.

لمزيد من المعلومات انظر

الجَدْوَل الدَّوريّ للعناصر ص ٣٢
فلزّات الأتربة القَلويّة ص ٣٥
النتروجين ص ٤٢
كيمياء الجِسْم البشري ص ٧٦
الكيمياء الزراعيَّة ص ٩١
الصابونُ والمُنظّفات ص ٩٥
الخَلايا ص ٣٣٨
حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

الأُكسجين

الأُكسجين أكثرُ العناصر وَفْرةً في الطبيعة، وهو غازٌ عديم اللونِ والطعم والرائحة؛ وبدونه لا بَقاءَ للكائنات الحَيَّة على الأرض. فنحن نَسْتنشِقُه دومًا مع الهواء، الذي يؤلّف الأكسجين خُمسَ مَزيجه، كما إنّه موجودٌ في العديد من الأشياء. ففي البحار، يتواجد الأكسجين مُذابًا في الماء، كما يُشكل جُزءًا رئيسيًّا من تركيبه. وفي الصخر يُؤلّف الأكسجين جزءًا رئيسيًّا من معظم معادنه. يتألّف الأكسجين العاديّ من جُزيئاتٍ ثُنائيَّة الذرّات (فرمْزه أ٢). أمّا معظم الأكسجين في أعالي الجوّ، فشكلٌ آخرُ منه يتألف جُزَيئه من ثلاث ذرّات ويُعرفُ بالأوزون (أ٣)، وهو يشكّلُ طبقةً واقيةً حول الأرض تحجُب الأشِعَّة الفضائيّة المؤذية. والأكسجينُ شديد الفاعليّة الكيماويّة؛ فما الاحتراق والتأكسد والصدأ والتنفُّس إلا بعضُ التفاعُلات الكيماويّة التي تَحدُث باتّحاد موادَّ مُعيّنةٍ مع أكسجين الهواء.



الجَدْولُ الدوري

تتألّفُ المجموعةُ ١٦ من: الأكسجين (أ) والكبْريت (كب) والسيلينيوم (سل) والتلّوريوم (تل) والبولونيوم (بن)



القَطْعُ بالأُكسجين

يُستخدمُ الأكسجين والأسيتلين في قَطْع الفُولاذ فاشْتعال غاز الأسيتلين في الأكسجين النَّقيّ يُنتِجُ درجةَ حرارة، تزيد على ٣٠٠٠° س. تَصْهرُ الفُولاذ تحت لَهَب الحملاج وتَقْطعُه بِسُهولة. ويُستخدمُ هذا الحمْلاجُ أيضًا في لِحام الفولاذ - إذ ينصهرُ الطرفان المُرادُ لِحامُهما في لَهَب شُعلته، ثمّ يُتركان ليَبْرُدا.

الصُّخور الحمراء

يعتقد العلماءُ أنّ هواءَ الجوّ لم يَحْوِ عُنصرَ الأكسجين منذ نَشْأة الأرض؛ ويربطون بداياتِ وُصوله بالتفاعُل مع الحديد في الصخور - مُحوِّلًا لونَها إلى الأحمر. ويَبْلُغ عُمْرُ هذه الصخور حوالى ٢٠٠٠ مليون سنة.



الطبيعةُ الحيَّة

في عملية التنفُّس تأخذ الحيواناتُ الأكسجينَ من هواء الجوّ (٢١٪ منه أكسجين)؛ لكنّ ذلك لا يُنقص نسبته في الهواء، لأنّ النباتاتِ تُعيد الأكسجينَ إلى الهواء ثانيةً في عمليّة التّخليق الضّوئي. أمّا الأحياءُ المائيّةُ، كالأسماك، فتتنفّسُ الأكسجينَ المُذابَ في الماء.

الاحتراق

يُبيّنُ «ثالوثُ النّار» هذا عوامل إيقادها، وهي الحرارةُ والأكسجينُ والوَقود. فإذا فُقِدَ أحدُها لا يمكنُ إيقادُ النار، أو إنّها تنطفئ بسُرعة. لِذا تُغطّى نارُ المُخيّم بالرّمْل أو الحَصى لإطفائها، لأنّ الرّملَ أو الحَصى يحجُبُ عنها الأكسجين.

يتّحد الأكسجين مع كربون الوَقود ليُنتِج ثاني اكسيد الكربون.

تفاعُل الوَقود مع الأكسجين لا يتمّ بدون الحرارة.

يجب ان يحوي الوَقودُ مادّةً يمكنُها الاتّحادُ مع أكسجين الهواء.





إكتشاف الأكسجين

عام ١٧٧٤، أعلنَ الكيميائي الإنكليزي، جوزيف بْريستلي (١٧٣٣-١٨٠٤)، عن إكتشافه «الهواء المَنزوع اللاهوب»؛ وكان كارْل شيل (١٧٤٢-١٧٨٦)، السويدي، قد سبقه إلى مثل ذلك بسنةٍ أو سنتين. فقد برهن شيل أنّ الهواء ليس عُنصرًا مُفردًا؛ لكنّ لا أحدَ منهما أدرك حقيقة ما اكتشفَهُ. وكان لأنطوان لافوازيه (١٧٤٣-١٧٩٤)، الكيميائي الإفرنسي، فَضْلُ تِبيان طبيعة هذا الغاز وتسميته الأكسجين، عام ١٧٧٥.

أُكسجين الطوارئ

يُعطى المَرْضى، الذين يُعانون مشاكل تنفُّسيّة، كمّيّاتٍ إضافيةً من الأكسجين، لتخفيف العبء على الرئتين بزيادة التنفُّس. وهذا يُساعدهم في التماثل للشفاء بسُرعةٍ أكثر.

الصَّدأ

إذا تُركَ الحديد والفُولاذ مُعرَّضَين للهواء والرُّطوبة، سُرعان ما تكسوهُما قُرارةٌ بُنّيّة - بُرتقاليّة اللون، هي الصّدأ. والصّدأ هو أكسيد حديديّ ينتُجُ عن تفاعُل كيماويّ بين الحديد والأكسجين والرُّطوبة.

لمزيد من المعلومات انظر

التّرابُط الكيماويّ ص ٢٨
الجدْوَل الدَّوريّ للعناصر ص ٣٢
الأكسدة والاختزال ص ٦٤
كيمياء الهواء ص ٧٤
التنفُّس الخلَويّ ص ٣٤٦
دورات في الغِلاف الحَيَويّ ص ٣٧٢
حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

الكِبْريت

الكبريت عُنصرٌ لافلِزِّيٌّ أصْفر اللَّوْن زاهٍ يتواجد في الطبيعة على شكل كبريتيدات (كالغالينا - كبريتيد الرصاص والپايرايت - كبريتيد الحديد) أو كبريتات (كالجبس - كبريتات الكالسيوم المائيّة). وهو من العناصر الأكثر فاعليةً، واستعمالاتُه ومشتقاته في مجالات الصناعة بالغة الأهميّة - من صناعة الدهان والمنظِّفات إلى فَلْكَنة المطّاط وصُنْع البارود - حتّى ليُقاسُ مدى النشاط الصناعي في بلدٍ مّا بمقدار ما يستهلكه من الكبريت أو من حامض الكبريتيك، أحد مشتقاته. ويُعْتبر أكسيد الكبريت، بخاصة، الذي تُطلِقهُ محطات توليد القدرةِ الأحفوريّةُ الوُقُدِ ذاتِ المحتوى الكبريتي، من ملوِّثات الجوّ ومُسَبِّبات المطر الحامضي.

الجَدْوَلُ الدَّوريّ



تتألّف المجموعةُ ١٦ من: الاكسجين (أ) والكبريت (كب) والسّلينيوم (سل) والتّلوريوم (تل) والپولُونيوم (بن)

كِبْريتُ البروتين

يَحوي مُحُّ البيضة كبريتًا يَتَبيَّنُ كحتارٍ رماديٍّ عند أطراف المُحّ إذا ما سُلِقَت البيضة لِفترةٍ طويلة. والكبريت مِنَ العناصر الضرورية للحياة كجزءٍ حَيَويّ في البروتينات التي تبني الجِسْم. وعندما تتحلَّل هذه البروتينات ينتجُ كبريتيدُ الهدروجين، وهو غازٌ سامّ له رائحة البيض الفاسِد.



بِلّورات الكِبْريت

توجَدُ بِلّورات الكبريت الدقيقةُ بين الصخور في المناطق البُرْكانيّة في العالم، وهي من الشكل المُعَيَّنيّ. والشُّقوق البُرْكانيّة هي مَصدرٌ رئيسيٌّ للكبريت في بعض البلدان مثل صِقِلِّيَة وجاوا والولايات المتحدة الأمريكيّة. ويتجمَّع هذا الكبريت من الغازات المُنبعِثة من جوف الأرض.

يُضَخُّ الهواءُ المضغوط في الأنبوب الأوسط، فيمتزج بالكبريت المنصهر ويخفّفه.

بُخارٌ مُفْرِط الإحْماء

يُطرَدُ الكبريتُ مُختلِطًا بالماء والهواء إلى السّطح.

يتحوَّلُ البُخارُ بالضغط إلى ماءٍ حارٍّ جدًّا (فوق ١٢٠° س) يَصْهرُ الكبريت.

الكبريت المُنصهِر يتجمَّعُ قبل أن يُمزجَ بالهواء.

إسْتِخراجُ الكِبْريت

يُسْتخرجُ الكبريت من مَناجمه بطريقة فْرَاش. وفيها تغرزُ ثلاثةُ أنابيبَ مُتراكِزةٍ في القَرارات الكبريتية. يُضَخُّ بُخارٌ مُفْرِطُ الإحْماء في الأنبوب الخارجيّ لِصَهْر الكبريت؛ ثمّ يُدْفع الهواءُ المضغوط في الأنبوب الأوسط، فيطرُدُ مَزيجَ الكبريت المُزْبِد إلى السَّطح.

أشْكالُ الكِبْريت التآصُليّة

هناك شكلان تآصُليّان رئيسان للكبريت: المُعَيَّنيّ، والأُحاديّ المَيْل - أوّلهما فقط مُسْتقِرٌّ على درجات الحرارة العاديّة. وفي كِلا الشكلين تترتَّب ذرّاتُ الكِبْريت في حَلَقات ثُمانيّة.

الكِبْريت على سَطْح آيُو

آيُو، أكبرُ أقمار المُشْتري، هو أحد أكثر الأقمار نَضارةً في المنظومة الشمسيّة. ويعودُ لونُه الأصْفر البرتقالي الزاهي إلى فيض الكبريت من براكينه الثائرة - التي تَمّ اكتشافُها بواسطة السَّوابر الفضائيّة حديثًا.



البَكْتيريا الكِبْريتيّة

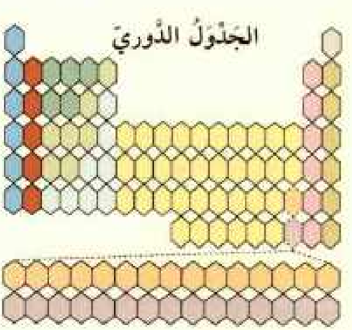
تستمدُّ بعضُ البكتيريا الطاقة من الكبريت بدلًا من الأكسجين؛ لذا فهي لا تستطيع العيشَ إلّا على مُرَكّبات الكبريت المُذابة. وفي الولايات المتحدة يجري استخدام هذه البكتيريا لاستخلاص النُّحاس، وبعضِ الفلِزّات الانتقاليّة الأخرى نقيّةً من مُرَكّباتها الكبريتيّة.

لمزيد من المعلومات انْظُر

البلّورات ص ٣٠
الجَدْوَلُ الدَّوريُّ للعناصر ص ٣٢
كيمياء الهواء ص ٧٤
حامض الكبريتيك ص ٨٩
مُنْتجات الغاز ص ٩٧
التّلوُّث الصّناعيّ ص ١١٢
المطر ص ٢٦٤
حقائق ومَعلومات ص ٤٠٢

الهَالوجينات

يُسْتَخدمُ الكلور، أشهر عناصر المجموعة ١٧ (الهالوجينات) في أحواض السِّباحة لِتعقيم الماء، كما يُشَكِّلُ جُزءًا رئيسيًا من كلوريد الصوديوم (ملح الطعام). وتُضافُ الفلوريداتُ (مركباتُ الفلور) إلى معاجينِ الأسنان ومياه الشُّرب لمكافحة نَخر الأسنان. وتُسْتَخدمُ مُركّبات الكلور والفلور الكربونيّة لمكافحة الآفات (كالحشرات والفُطور والطحالب المؤذية) وفي أجْهزة التبريد. لكنّ البَحْثَ جارٍ عن بدائلَ لها بعد أن اكتُشِفَ أنها تُضرُّ بالبيئة. والمعروف أنّ جميع هاليدات الفِضَّة حسّاسة للضوء، لذا تُسْتَخدمُ في الأفلام والورق الفوتوغرافي؛ وَبروميد الفِضَّة هو أكثرها اسْتعمالًا في هذا المجال. الهالوجيناتُ جميعُها شديدةُ الفاعليّة، وكُلُّها تحوي ذرّاتُها سبعةَ إلكترونات في الغِلافِ الخارجيّ.



تتألّفُ المجموعةُ ١٧ من: الفلور (فل) والكلور (كل) والبروم (بر) واليود (ي) والأستاتين (ست) المُشِعّ

الفلوريت المتفلّور

يوجدُ الفلور في الطبيعة في معادن كالفلوريت (فلوريد الكالسيوم) ذي البلّورات التكعيبيّة المتنوعة الألوان تبعًا لشوائبها المختلفة. والكثير من هذه البلّورات يتفلّورُ (يتألّق تألقًا) في الأشعّة فوق البنفسجيّة.

كَلْوَرَةُ الماء

يمكنُ تحضيرُ الكلور من محلول الملح المُركّز بالتحليل الكهربائيّ. والكلور مادّةٌ تقصيرٍ قويّةٌ تُبَيِّضُ الألوان؛ كما إنّه مُطهِّر ومُعقِّمٌ فعّالٌ يُستخدمُ لمعالجة الماء في أحواض السّباحة ومحطّاتِ تنقية المياه.

الكلور

الكلور غازٌ أصفرُ مُخضَرٌ، خانِقُ الرائحةِ سامٌ. وكسائر الهالوجينات، يتّحدُ الكلور بسُهولة مع الهدروجين والماء لإنتاج حامض قويّ جدًا هو حامض الهدروكلوريك.



اليُود في الأعشاب البحريّة

يوجَدُ اليودُ بمقاديرَ ضئيلةٍ في مياه البحر وفي الأعشاب والطحالب البحريّة. واليود عنصرٌ مهمٌّ في نشاط الغُدّة الدَّرقيّة التي تُنظِّمُ مُستوياتِ الطاقة والنُّمو في صِغار اللَّبونات. ويؤدي افْتقارُ الجِسْم لمركبات اليود (اليوديدات) إلى تضخُّم الغُدّة الدَّرقيّة يُرافقُهُ تورُّمٌ في مقدَّم الرقبةِ وجانبَيها.

البروم

البروم سائلٌ أحمر مُسْمَرٌّ، يُطلِق بُخارًا، بلونه، خانقًا سامًّا. وهُو أحد العُنصرَيْن السائلَيْن في الجَدول الدَّوريّ؛ تُسْتخدَمُ مُركّباتُ البروم في التصوير الفوتوغرافيّ، وكمُسكِّناتٍ لَطيفة.

اللَّدائنُ الزَّلِقَة

تُطْلَى بواطن القُدور والمَقالي (ج. مِقلاة) بطبقةٍ من التّفلون (وهو مُبَلْمَرٌ لداتني من رابع فلور الإيثين المتعدِّد) الشديد الزَّلقيّة لمنع التصاق ما يُطبَخ أو يُقلى فيها. وهذا المركّبُ عديمُ الفاعليةِ جدًّا ولا يتأثر بالحرارة - مما يجعله مثاليًّا لهذا الغرض.

اليُود

اليود جامدٌ أُرجوانيٌّ مُسْوَدُّ اللون برّاقٌ، يتصعّد بالتسخين مُطلقًا بُخارًا أُرجوانيًا. تُسْتخدَمُ مُركّباتُ اليود (اليوديدات) في تحضير أصْباغٍ مُعيّنةٍ، وكموادٍّ حُفّازةٍ في الصناعة. هذا ويختبرُ وجودُ النشا باللون الأزرق المُسْوَدّ الناتج من إضافة اليود رَطبًا إليه.

بعد توضُّح التأثيرِ المُؤذي لمركّبات الكلور والفلور الكربونيّة، يجري العمل على إيْجاد غازاتٍ دَسِرٍ بديلةٍ في مِرَذّات الضبوبيّات المختلفة.

التَّفْلون صادٌّ فعّال لجميع الكيماويّات الأخرى - حتّى البيضة لا يلصَق منها شيءٌ بمقلاة التّفلون.



ثَقْبُ الأوزون

مُركّبات الكلور والفلور الكربونيّة المُنفلِتة في الهواء من أجهزة التبريد والمِرذّات الضبوبيّة المختلفة تتصاعدُ إلى أعالي الجَوّ، فتتفاعل مع الأوزون وتُفكّكه، مُحْدِثَةً فُتحات في طبقة الأوزون الواقية. وهذا يُفسِح المجال لتسرّب كمّيّاتٍ مؤذيةٍ من أشعّة الشمس فوق البنفسجيّة إلى الأرض.



حاليًا تظهر ثقوبُ الأوزون بانتظام، شتاءً، فوق القطب الجنوبي للأرض.

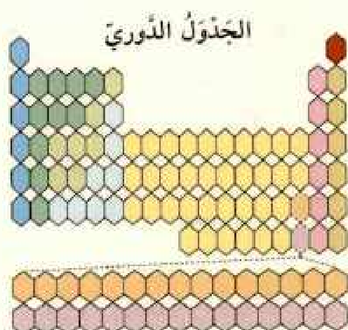
لمزيد من المعلومات انظر

الترابُط الكيماويّ ص ٢٨
الجَدْوَل الدَّوريّ للعناصر ص ٣٢
الأكسجين ص ٤٤
صناعة القِلويّات ص ٩٤
التلوُّث الصناعيّ ص ١١٢
التصوير الفوتوغرافي ص ٢٠٦
دورات في الغلاف الحَيَويّ ص ٣٧٢
حقائق ومَعلومات ص ٤٠٢

الهِدْروجين

الهِدْروجين غازٌ عديمُ اللونِ والطَعْم والرّائحة. ورُغم أنّه أخَفُّ العناصرِ فهُو أكثَرُها توافرًا في الكون (إذْ يؤلِّف حوالى ٧٥٪ من مادّته). إسْتِخدامات الهدروجين متعدِّدَة - مَثَلًا في هَدْرجة الزيوت النباتيّة وتحويلها إلى سُمون كالمرغرين، وفي نَزْع الكبريت من مُنتَجات النفط وزيادة كمّيَّة البنزين المُسْتخلصة منه. لكنِ الإسْتخدام الأكثر للهدروجين هو في صُنْع الأمونيا - المهمةِ في إنْتاج الأسْمدة وكيماويّاتٍ أُخرى. كيماويًّا، قد يتفاعل الهدروجين مع الفِلِزّات أو مع اللافلِزّات (مُكوّنًا أحيانًا أيونات الهدروجين). وتُعزى حامضيةُ الحوامضِ كُلِّها إلى أيونات الهدروجين في تراكيبِها.

الجَدْوَلُ الدَّوريّ




الهِدْروجين (هـ)

الهِدْروجين في الكَوْن

لا يقتصر وُجود الهدروجين كونيًا على النُجوم ومَنظوماتها فقط بل في مادّة السُدُم التي تتواجدُ في الفضاءات فيما بينها أيضًا.



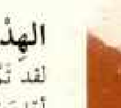
سَديمُ السَّرطان

البِنْيَة الأبْسَط

أبْسَطُ الذرّات بِنيةً هي ذرّةُ الهدروجين التي تتألّف من بُروتونٍ واحد، يُشكّلُ النَواة، وإلكترونٍ واحد.

الهِدْروجين في الشَمْس

يجزِمُ العلماءُ أنّ مَصدرَ طاقة الشَمْس التي نَنْعمُ بنُورها ودِفئها هو الطاقةُ المتولِّدةُ من تدامُج ذرّات الهدروجين، بِفعْلِ الضغط ودرجة الحرارة الهائلين في باطِنِها، مُكوِّنةً الهليوم مع تحوُّل بعض المادّة إلى طاقة. ومِثْلُ هذا الإندماج النوويّ يحصُل في القُنبلة الهدروجينيّة المُدَمِّرة.



الهِدْروجين في الأرض

في الأرض كمّيّاتٌ كبيرة من الهِدْروجين، الذي يؤلِّفُ حوالى ١١٪ من مادّة الماء (هـ٢ أ) فيها. وهو، مع الكربون، أوسعُ العناصر تواجُدًا في الكائنات الحيّة والوُقُد الأحْفوريّة، كالفَحْم والنّفط.

هنْري كافِنْدِش

إكْتشف العالم الإنكليزي، هنري كافِنْدِش (١٧٣١-١٨١٠)، غازًا دَعاه الهواءَ اللّهوب، وأجرى عِدّة تجاربَ لتحديد خواصّه؛ وبيّن بأنّه يُكوِّن ماءً إذا ما احْترق في الهواء - فكانَ ذلك بُرهانًا أنّ الماء ليس عُنصرًا مُستقِلًا، كما كان يُظَنّ. وأطلَقَ لافوازييه لاحقًا (عام ١٧٨١) اسْمَ الهدروجين (أي مُكوِّن الماء) على هذا الغاز.



الهِدْروجين وَقُودُ المستقبل

لقد تمّ صُنْع سيّاراتٍ تجريبيّةٍ تُسَيَّر بالهدروجين. أمّا مَصْدرُ الوَقُود فيها فهو مركّبٌ هدروجينيّ يُطلِقُ الهدروجين عند إحْمائه. وميزةُ هذه السيّارات أنّها لا تُلوِّثُ البيئة - فاحتراق الهدروجين يُنتِجُ ماءً.





سيّارةٌ وَقودُها الهِدْروجين

المناطيدُ والسُفن الهوائيّة

المفروض أنّ الهِدْروجين، بسبب خِفّته الفائقة، مثاليٌّ لتعبئة البالونات والمناطيد - وقد استُخدِم فِعلًا لذلك وما زال. لكنّ إسْتخدامَه في السُفن الهوائيّة توقّف، بسبب لَهوبيّته، بعد كوارثِ التفجُّر التي أودت بحياةِ الكثيرين - كما في كارثة المُنطاد هِندِنْبُرغ عام ١٩٣٧.

لمزيد من المعلومات انظر

الغازاتُ النَّبيلة

تُعبَّأُ البالوناتُ التي تُطْلَق في الجو بَهْجةً بغاز الهِلْيوم، وهو أحدُ الغازات السّتة في المجموعة ١٨ من الجَدْول الدَّوريّ. وتُعرف هذه العناصرُ بالغازات النَّبيلة، وتُشكِّلُ قُرابةَ واحدٍ في المئة من الهواء. والنِّيون غازٌ نبيل آخَرُ مألوفٌ جدًّا في أنوار النيون الزاهيةِ الألوان. أمّا الرادون المُشِعُّ فينتُجُ من انْحِلال الراديوم، ويؤلّف قدرًا كبيرًا من إشْعاعاتِ الخَلْفيَّة التي تُصادَفُ في مناطق الصُّخور الغرانيتيَّة. وتُعرَفُ الغازات النبيلة أيضًا باسم الغازات النادرة أو الخاملة؛ فالكيميائيون لم يتمكنوا إلّا من صُنْع بِضْعَة مُركَّبات فقط منها. فهذه الغازاتُ نادرةُ التفاعُل مع أي شيء، وهي مُسْتقِرَّةٌ جدًّا لأنّ الغِلافَ الخارجيَّ لِكُلٍّ منها كاملُ التعبئةِ بالإلكترونات.

الجَدْوَلُ الدَّوريّ

تتألّفُ المجموعةُ ١٨ من: الهِلْيوم (هي) والنِّيون (نن) والأرجون (غو) والكريبتون (كن) والزِّنون (نز) والرّادون (ر) المُشِعّ

الهِلْيوم

الهِلْيومُ أخفُّ العناصر، بعد الهِدْروجين؛ وكلاهما أخفُّ كثيرًا من الهواء. يُستَخدمُ الهليوم، بدلًا من الهدروجين، في تعبئة المناطيدِ والسُّفنِ الهوائيّةِ الحديثةِ لأنّه مأمونٌ أكثرَ، فهو لا يحترقُ. يحوي هواءُ الجوِّ مقدارًا ضئيلًا جدًّا من الهليوم؛ لكنَّ بعض مكامنِ الغاز الطبيعيِّ تحوي كمّيّاتٍ كبيرةً منه؛ وهي المصدرُ التجاريّ الرئيسيُّ لهذا الغاز.

الغِلافاتُ الكامِلَة

تحوي ذرّةُ النِّيون ثمانية إلكترونات في غلافها الخارجيّ، وبها يكون هذا الغلاف مكتملًا – فلا حاجة للذرّة أن تفقد إلكتروناتٍ أو أن تكسِبَها، فترابط مع ذرّاتٍ أخرى. كذلك فإنّ الغلافاتِ الخارجيّةَ لجميع الغازات النبيلة مكتملةٌ؛ وهذا يفسِّر خُمولَ فاعليّتها واستقرارَها.

أضواءُ النِّيون

تتولّد ألوان قوس قُزَح النّيونيّ هذه بإمرارِ الكهرباء خلالَ الأنابيبِ المُعبّأة بغاز نبيلٍ ومواد أخرى على ضغطٍ خفيض. ويُنتِجُ كُلُّ غازٍ نبيلٍ لونًا مُختلفًا؛ كما تُضاف موادُّ أخرى لإنتاج ألوانٍ أكثر. فالهليوم يبتعِثُ ضوءًا أصفر، والنِّيون ضوءًا أحمر بُرتقاليًّا متألِّقًا؛ ويسطعُ الأرجون بضوءٍ أزرق، والكريبتون بضوءٍ بَنَفْسَجيّ.

وِلْيم رامْزي

في عام ١٨٩٤، اكتشفَ اللورد رالي (١٨٤٢-١٩١٩) والكيميائي وِلْيم رامْزي (١٨٥٢-١٩١٦) غاز الأرجون. وكان قد تمّ مطابقيًّا اكتشافُ وُجود الهليوم في الشَّمس؛ ثُمّ اكتشف رامزي وُجودَه على الأرض عام ١٨٩٥. وأتبع ذلك باكتشافه الكريبتون والنيون والزِّنون عام ١٨٩٨ – بعد أن تمكّنَ من تحضيرها بتقطير الهواء السّائل – فنال بذلك جائزة نوبل للكيمياء عام ١٩٠٤. وفي عام ١٩١٠، تمّ له اكتشافُ الرّادون.



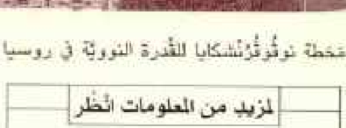
محطة نوفُوفُرُنشكايا للقُدرة النوويّة في روسيا

مُنْتَجٌ نَوويٌّ ثانوي

تتكوَّن بانْشِطار اليورانيوم النوويّ عِدّةُ نظائر مُشِعّة للكريبتون، منها غاز الكريبتون ـ ٨٥؛ وهذا يَنْبعِثُ من محطات القُدرة النوويّة. وقد تمكنت الولاياتُ المتحدة، خلالَ الحرب الباردة، من متابعة النّشاطِ النوويّ السوفياتي عن طريق قياس كميّة الكريبتون ـ ٨٥ في الهواء.

أنوارُ الغازات

يُستَخدمُ الأرجون والزّنون في المصابيح الكهربائيّة. فتَسْطَعُ المصابيحُ المُعبّأةُ بالزّنون بنورٍ أبيضَ مائلٍ إلى الزُّرقة؛ وفي المَنارات تُستَخدمُ غالبًا المصابيحُ القوسيّةُ المعبّأة بالزّنون، فيسطع نورُ القوس الكهربائيّ وكأنّه شرارةٌ مُستمرة. هذا وتُعبّأ المصابيحُ الكهربائيّة العاديّة بمزيج من الأرجون والنتروجين، لأنّ هذا المزيجَ الخامِلَ يحفظُ فتيلةَ التنجستن، المُبْيَضّة بشِدّة الحرارة، مدةً أطول.



للمزيد من المعلومات انْظُر

التَّفاعُلات

مَلايينُ التفاعُلاتِ الكيماويَّة تحصلُ من حولنا على الدوام في كُلِّ دقيقةٍ، بعضُها تفاعُلاتٌ طبيعيَّة وبعضُها الآخرُ نتيجَةٌ لأنشطة الإنسان. ففي دَاخل أجْسامِنا يُمَثِّلُ الطَّعامُ الذي نَتَناولُه في سِلْسِلَةٍ من التفاعُلات المُعَقَّدة لِيُزَوِّدَنا بالطاقة. وتنهمِكُ النباتاتُ في تحويل ثاني أكسيد الكربون والماء، إلى كَرْبُوهدرَاتات وأكسجين - في عملية التخليق الضوئيّ مُسْتخدمةً طاقة الشَّمْس. وفي أجواء الأرض العُليا تجري بلا هوادة تفاعُلاتٌ تُرَشِّحُ أَشِعَّةَ الشَّمْس كيماويًّا من الأَشِعَّة فوقَ البنفسجيَّة المُؤذية التي قد تُهَدِّدُ الحياة على الأرض. وفي المختبرات، يَسْتَخدمُ العُلماءُ التفاعُلاتِ الكيماويَّةَ بأشكالٍ شتّى في عملياتٍ لا حَصْرَ لها لِتَصْنيع الأدْوية الجديدة، أو لحفظ الأغذية من الفَساد، أو لتحويل النّفْط الخام إلى بنزين، أو لتوفير الموادّ العديدة اللّازمة لإعْداد ملابِسنا وتجهيز مَنَازِلنا.

يَسْتَخدمُ يَخْضُورُ النباتاتِ ضوءَ الشَّمس ليُحوِّل ثاني أكسيد الكربون والماء إلى كربوهدراتات وأكسجين.

تكمدُ الفضيّاتُ وتسودُّ تدريجيًا لأنّ كبريتيد الهدروجين في الهواء يتفاعل مع الفضّة مُكوِّنًا طبقةً رقيقة من كبريتيد الفضّة.

عند غسل الصحون، يُفكِّكُ المُنظِّفُ الصابونيّ الأوساخَ والدهون ويُزيلها بخفض التوتر السّطحي للماء.

بُوظة (جيلاتي) مُنصهِرة

كَعْكَةٌ جاهزة

الكَعْكَةُ المخبوزةُ لا تُشْبِهُ مُقوِّماتِها من الطحين والبيض والزبدة والسُّكَّر، فهذه قد تغيَّرت بالتفاعُلات الكيماويّة.

التَّغيُّر الكيماويّ

خَبْزُ الكعكة مَثَلٌ جيّدٌ على التغيُّر الكيماويّ.

فَمَذاقُ الكعكة وخواصُّها تغيّرت بَعْد خَبْزها تغيُّرًا جذريًّا عن مَذاق وخواصّ مُقوِّماتها - فهي الآن مُختلفة كيماويًّا. إنّ مُعظم التغيُّرات الكيماويّة تغيُّراتٌ دائمة - فلا يمكِنُكَ إعادةُ الكعكة المخبوزة إلى طحين وزبْدة وبيض وسُكَّر. لكن هناك بضعُ تغيُّرات كيماويّة مَعْكُوسَة.

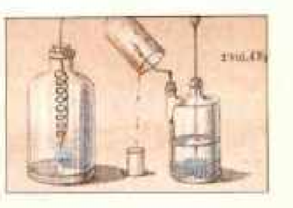
التَّغيُّر الطبيعيّ

البوظة المُنْصهِرةُ مَثَلٌ جيّدٌ على التغيُّر الطبيعيّ؛ فالبوظة لم تتغيَّرْ كيماويًّا - قد تبدو مختلفةً، لكنّ طعمَها وخواصَّها الكيماويّةَ باقيةٌ على حالها. التغيُّرات الطبيعيّةُ ليست دائمةً، بل معكوسة - فالبوظة المنصهِرة يمكِنُ إعادةُ تجميدها ثانيةً بوَضْعها في المُجَمِّدة.



فرانسيس بيكون

كان فرانسيس بيكون (١٥٦١-١٦٢٦) محاميًا ومُخْبِرًا وشخصية سياسيّة إنكليزية مَرموقة. ونذكر هنا مقولتَه الشهيرة في كتابه «الأسلوب الجديد» الذي صدر عام ١٦٢٠: «إنّ النّظريّات حَوْل خواصّ المادّة ذاتُ جدوًى فقط إذا أيّدَتْها التجارب».



تجهيزاتٌ علميّة من القرن الثامن عشر

رُوبرت بُويل

الكيميائي الإيرلندي، رُوبَرت بُويل، (١٦٢٧-١٦٩١) أحد أوّل الكيميائيين الحديثين شدّد في كتابه المشهور «الكيميائي المُشكِّك»، الصادر عام ١٦٦١ على أهميّة التجارب بقوله: «إنّ جميعَ الآراء يجب أن تخضع للاختبار والتجربة للتحقُّق من صوابيتها». وهو خلال تجاربه الدقيقة على الغازات، اكْتَشف قاعدةً مهمة حَوْل مسلكها تُعرفُ بقانون بُويل.



المختبرات الحديثة

تَحوي المُختبراتُ العلميّة أصنافًا شتّى من التجهيزات يَسْتَخدمُها العلماءُ في تجاربهم المختلفة. فبعضُ العلماء، مثلًا، يدرسون التفاعُلاتِ المتعلّقة بتكَوُّن المطر الحامضيّ علّهم يجدون سبيلًا لمنعه؛ وقد يُجري علماءُ آخرون تفاعُلاتٍ كيماويّةً لتصنيع موادَّ جديدة أو لاكتشاف عِلاجٍ شافٍ من مَرَضٍ مُعيَّن.

النَّظريَّةُ الحَرَكيَّة

أُمُّكَ تَطهُو في المطبَخ، وأنتَ في غُرفتِكَ تَشُمُّ رائحةَ الطعام - هل تساءلتَ لماذا؟ النظريَّةُ الحَرَكيَّةُ تُقَدِّمُ لكَ الجواب. إنَّ الجزيئاتِ الغازيةَ الدقيقةَ المُنطلقةَ من الطعام السَّاخِن والمُدوِّمةَ في الهواء سُرعان ما يصِلُ بعضُها إلى أنفِك. فالذرّاتُ والجُزَيئاتُ التي تؤلِّف كلَّ شيءٍ حولنا هي في حركةٍ دائمة، حسَبَ النظريَّة الحركيَّة؛ وتزدادُ سرعتُها بارتفاع درجة الحرارة فتَشغَل حَيِّزًا أكبَر. لكنَّ جُسَيماتِ الموادِّ لا تتحرَّكُ بالمنوالِ نفسه - فجُسَيماتُ الجوامد، المُتقاربةُ التراصِّ والشديدةُ التماسُك، تقتصر حركتها على التذبذُب (أو الاهتزاز) في مَواضعها؛ وتتحرَّكُ جُسَيماتُ السوائل بحُرِّيةٍ أكثَر فتنسابُ مَيوعةً، لكِنَّها تظَلُّ مُتقاربةً مُتماسكة. أمّا جُسَيماتُ الغاز المُتباعدةُ والضعيفةُ التماسُك فسريعة الحركةِ لا مَحدوديةُ الانتِشار.

جُزيئاتُ الهواء داخل المنطاد المُعبَّأ بالهواء المُحمَّى مُتباعدةٌ لأنها تتحرَّكُ بسُرعة كبيرة، أي إنَّ الهواء داخل المُنطاد أخفُّ من الهواء خارجه - لِذا يرتفع المُنطادُ في الجوّ.

الحرارةُ المرتفعة تُسرِّعُ تذبذُبَ جُسَيمات الجوامد فتَشغَلُ حَيِّزًا أكبر. وهذا يُعلِّلُ تمدُّدَ بُرْجِ ايفيل في باريس بمقدار ٧٫٥سم صيفًا.

التَّمدُّد

إذا سُخِّن جِسْمٌ، كهذا الترمومتر مثلًا، فإنَّ سُرعةَ جُسَيماته (أو مدى اهتزازها) يتزايدُ لتَشغَلَ حَيِّزًا إضافيًّا، فنقولُ إنه تمدَّد. لِذا يحرِص مهندسو السِّكك الحديديَّة على ترك فَجَواتٍ بين القضبان احتِسابًا لتمدُّدها في الطقس الحارّ. تمدُّدُ السَّوائل عَشرةُ أضعاف تمدُّدِ الجوامد، أمّا الغازاتُ فتمدُّدها حوالى ١٠٠ مَرَّة أكثَر من السَّوائل.

تُعلِّلُ النظريَّةُ الحركيَّةُ عمَلَ الترمومتر - فأيُّ ارْتفاعٍ في درجة الحرارة يتسبَّبُ في تمدُّد الكحول أو الزئبق بداخله، فيتحرَّك عمودُ السائل صُعُدًا على المقياس المُدرَّج.

الانْتِشار

تَنتشِرُ الغازاتُ لتملأَ أيَّ حَيِّزٍ مُتاح، لأنَّ جُسَيماتِها تتحرَّك بسُرعة كبيرة. وخاصيَّةُ الانتشار هذه هي سبَب انتقال الروائح بسُرعة. فعندما يُخبَزُ الكعك في الفُرْن، مثلًا، تنتشر رائحتُه سريعًا في سائر أرجاء المنزل.

مزيجٌ متعادل من جُسَيمات البروم والهواء.

هواء

حاجز فصْل

أزيل الحاجز

مرطبانُ غاز

بُخار البروم

انْتِشارُ البُروم

ينتشر البرومُ في المرطبان ليملأَ كامِلَ الحَيِّز المُتاح. وإذا قُلِبَ مرطبانٌ ثانٍ فوق الأوّل، فالغازُ سُرعانَ ما ينتشرُ ليملأَهُ أيضًا.

مزيجٌ من جُسَيمات الماء وبِرمَنغنات البوتاسيوم

ماء

بِلَّورات بِرمَنغنات البوتاسيوم

الانتشار في الماء

إذا ألقيتَ قليلًا من بِلَّورات بِرمَنغنات البوتاسيوم في الماء فسُرعان ما ينتشر لونُها الأرجواني فيه لأنَّ جُزيئات الماء ترطِمُ جُسَيمات البرمنغنات وتدفعها باستمرار. كذلك، إذا نُقِعتَ أوراقُ الشّاي في الغَلّاية، فسَيُكسِبُ الماءَ كُلَّه نكهتَها ولونَها في فترةٍ قصيرة.

لودفغ بولتزمان

في الستينيات من القرْن التاسعَ عشَر طَوَّرَ العالِم النمساوي، لودفغ بولتزمان (١٨٤٤-١٩٠٦) النظريَّة الحركيَّة للغازات. وقد جُوبِهت نظريَّتُه الحركيَّةُ بمُعارضة شديدة من علماء عصره؛ فغمَّه ذلك كثيرًا وأدّى به إلى الانْتِحار.

أكياس الماء التعويضيّ

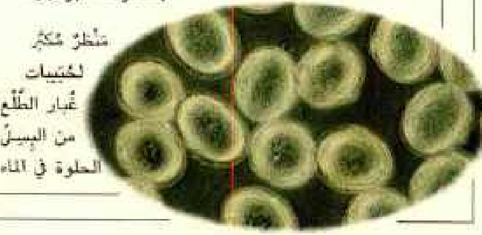
إنَّ مَحلولًا من الملح والسُّكَّر أساسيٌّ في مُعالجة الأطفال المصابين بإسْهالٍ حادّ. وحيث يُفتَقَرُ إلى مياه الشُّربِ النقيَّة تُستَخدمُ أكياسٌ خاصَّة تحوي مقدارًا محدَّدًا من السُّكَّر والملح الجافَّين. فإذا وُضِعَ أحدُ هذه الأكياس في المياه الوَسخة، تنتشر عبر مَسامِّه جُزَيئاتُ الماء دونَ الأوساخ - فتُؤمِّنُ بذلك محلولًا مُعقَّمًا صالحًا للشُّرب.

جُسَيمٌ جُرثوميّ

تنتشر جُزَيئات الماء عبْر المسام دون الأوساخ.

الحَرَكةُ البراونيَّة

بينما كان عالمُ النبات الإسكتلندي، رُوبَرْت بُراون، يتفحَّص عيِّنةً من حُبَيبات غبار الطَّلْع عام ١٨٢٧ أدهشه رؤيةُ بعضها تتقفَّزُ عشوائيًّا على سطح الماء. وقد علَّلَ العلّامة ألبرتْ أينشتين هذه الظاهرة بعد ثمانين عامًا، مُستخدمًا النظريَّةَ الحركيَّة، بأنَّ حركة جُزيئات الماء الدقيقة غير المرئيَّة هي التي تقذفُ حُبَيبات غُبار الطَّلْع باستمرار فتُسبِّب تقفُّزها. وتُعرف هذه الحركةُ الآن بالحركة البراونيَّة.



منظرٌ مُكبَّر لحُبَيبات غُبار الطَّلْع من البِسِلّ الحلوة في الماء

لمزيد من المعلومات انْظر

حالات المادّة ص ١٨
سُلوك الغازات ص ٥١
سُرعة التفاعُلات ص ٥٥
الحرارة ص ١٤٠
نِظام النَّقل في النبات ص ٣٤١
حقائق ومَعلومات ص ٤٠٤

سُلوكُ الغازات

تجولُ جُسَيماتُ الغازِ بحُرّيّةٍ وبسُرعة كبيرة؛ لذا تُحدِثُ التغيُّراتُ في درجة حرارة الغازِ أو حَجْمه أو ضَغْطه ظواهرَ مُثيرةً. فمن الخطر مثلًا، تركُ مِرْذاذٍ في موضعٍ حارٍّ، لأنّه بارْتفاع درجة الحرارة، تتزايد سُرعة جُسَيمات الغاز في داخله فيتزايدُ ارتطامُها وتدافُعها على جوانبِ المِرذاذ ممّا قد يتسبَّبُ في تفجُّره - إذ يؤدّي تسخينُ علبةِ الرَّذِّ إلى ارتفاع ضغط الغاز بداخِلها. مِثلُ هذه الظواهر لاحَظها ودرسَها العلماءُ في القرنين السابعَ عَشَر والثامن عَشَر، واستنبطوا بعض القوانين التي ما زالت تُستَخدمُ للتنبُّؤِ بسُلوك الغازات.

قانون بُويَل

فقاقيعُ الغاز التي ينفثُها الغوّاصُ تكبُر تدريجيًّا كلما ارتفعَتْ نحو السطح. فهي صغيرةُ الحجم تحت ضغط السائل الأكثر في العُمق، وكُلّما ارتفعت نحو السطح يقِلُّ السائلُ الضاغطُ عليها، فيزدادُ حجمُها. وهذا في الواقع، مَثلٌ عمليٌّ على قانونٍ اكتشفه الكيميائي الإيرلندي، روبَرْت بُويل، عام ١٦٦٢. يَنُصُّ قانون بُويَل على أنّ «حَجْمَ الغاز يتناسبُ عكسيًّا مع الضغط الواقع عليه - في ثُبوتِ درجة الحرارة»؛ أي إنّه بزيادةِ الضَّغْط يقِلُّ الحَجْم.



يُعَلِّلُ قانون بُويَل سببَ تزايُدِ حجم الفقاقيع المُنطلقةِ من الغوّاص كلما اقتربَتْ من سطح الماء.

جِهازُ التبريد

يَدورُ سائلُ التبريد في أنابيب الثّلاجة باستمرار؛ وعندما يَعْبُر فُتْحةً ضَيِّقةً يتمدّدُ بسُرعة متحولًا إلى غاز. وفي تحوُّله إلى غاز، يمتَصُّ الحرارة اللّازمة من مُحيطِه (أي من داخل الثلّاجة) فيُبرِّده. ثُمّ يسري الغاز إلى الضاغط الذي يُحوِّله ثانيةً إلى سائل. وعملية التسييل بالضغط هذه تُطلِقُ حرارة كافيةً لأن نشعُر بها في خلفيّة الثلّاجة.

فُتْحةٌ ضَيِّقة

ضاغِط



يَفُشُّ البالونُ في السائل البارد.

نِتروجين سائل على درجة حرارة -١٩٦° س

قانون شارل

يتقلّصُ البالون المملوء بالهواء عند وضعه في وِعاء النِّتروجين السائل. فدرجة الحرارة الخفيضةُ جدًّا تُبْطئُ سُرعةَ جُزَيئات الهواء داخل البالون، فيقِلُّ تدافعها وارتطامُها بجدران البالون فَيَنْكمِشُ. وقد اكتشفَ العالم الإفرنسي، جاك شارل العلاقةَ بين درجة الحرارة وحجم الغاز عام ١٧٨٧. ويَنُصُّ قانون شارل على أنّ «حَجْمَ الغاز يتناسبُ طرديًّا مع درجة الحرارة المُطْلَقة، عندما الضغط ثابت» - فإذا قلَّت درجة الحرارة إلى النصف يقِلُّ حجم الغاز أيضًا إلى النصف.

قانون أڤوجادرو

إذا مَلأنا وِعاءً بالكلور وآخر مُماثلًا له تمامًا بالأكسجين، فإنّ كِلا الوعاءَين يحوي العدَدَ نفسَه من الجُزَيئات. وهذا صحيحٌ رُغْمَ أنّ وَزْنَ جُزَيء الكلور ضِعْفُ وزن جُزَيء الأكسجين. هذه القاعدة اكتشفها آمادو أڤوجادرو، الفيزيائي الإيطالي، عام ١٨١١. ويَنُصُّ قانون أڤوجادرو على أنّ «الحجوم المتساوية من الغازات تحوي عددًا مماثلًا من الجُزَيئات في درجة حرارة وضَغْط مماثلين».



للغازات وَزْن

قد يتبادرُ إلى أذهاننا أن الغازاتِ عديمةُ الوزْن لأنّ مُعظمها لا يُرى، وهذا غير صحيح. فجميعُ الغازات لها كتلةٌ لما لأنها تتألف من جُسَيمات. ولو تُوازِنُ بالونين مَملوءين بالهواء، ثُمّ تَنْفُسُ أحدَهُما بدبّوس، فستشاهِدُ أن البالونَ المليء بالهواء أصبحَ أثقلَ.

البالونُ المُنَفَّس يحوي بِضْعةَ جُزَيئات من الهواء، وهو أخفُّ من البالون المملوء هواءً.

غاز الهدروجين　غاز الأكسجين　ماء

يبدأ البالونُ بالتمدُّد عندما تتسَرَّعُ حركةُ جُزَيئات الغاز في الهواء الأدفأ.

قانون غي لُوسّاك

في العام ١٨٠٨، اكتشف الكيميائي الإفرنسي، جوزيف لويس غي لُوسّاك، أنّه عندما يتفاعل الهدروجين والأكسجين ليُنْتِجا الماء، فإنّ حجمَيْن من الهدروجين يتفاعلان دائمًا مع حَجْم واحد من الأكسجين. وبمتابعة أبحاثه اكتشف أنّ «نِسْبَة أحجام الغازات التي تتفاعل بعضها مع بعض بمُجملها هي نسبة عدديّة صحيحة وبسيطة». ويُعْرَفُ هذا بقانون غي لُوسّاك.

مِنْفاخُ الدرّاجة

تُحِسُّ دائمًا بسُخونة مِنفاخ الدرّاجة عند استعماله. وذلك لأنّ جُزَيئات الهواء في داخله تُرْغَمُ على التَّراص في حيِّزٍ أقلّ، فتزداد سرعةُ ارْتطامها بجُدْران المنفاخ فيسخُن.

تَسخَنُ جدرانُ المنفاخ مع تزايد سرعة ارْتطام الجُزَيئات بها.

لمزيدٍ من المعلومات انْظُر

التَّفاعُلاتُ الكيماويَّة

التفاعُلُ الكيماويُّ هو ببسَاطة، تفكُّكُ أو انحلالُ موادَّ، وتكَوُّنُ موادَّ جديدة من الأجزاء المُفكَّكة. وهذا يعني حدوثَ تغيُّرٍ في البِنْية الجُزَيئيَّة للموادِّ المتفاعلة وخواصِّها. ففي البِنْية الجديدة للموادِّ الناتجة (المُنْتَجات) يُعادُ ترتيب الذرّات والجزيئات مُجدَّدًا. وهذا يتطلَّب تفكيكَ الروابطِ الكيماويَّة في المُتفاعِلات وتشكيلَ روابطَ جديدةٍ في المُنْتَجات. إنَّ تفكيكَ أيِّ رابطٍ كيماويٍّ يتطلَّبُ طاقةً، في حين تنطلِقُ طاقةٌ عند تكوُّن رابطٍ جديد، وكلاهما يَحصُلُ في كُلِّ تفاعُلٍ كيماويّ - وهذه الطاقة قد تكون حراريَّةً أو ضوئيَّةً أو كهربائيَّة. التفاعُلاتُ التي تُطلِقُ حرارةً تُسمَّى إكسُوثِرْميَّة (طاردةَ الحرارة)، وتُسمَّى التفاعُلاتُ التي تمتَصُّ الحرارة إندوثِرْميَّة (ماصَّةَ الحرارة).

التفاعُلاتُ الطّاردةُ للحرارة

عند احْتِراق الخشب، تنطلِقُ طاقتُه الكيماويَّةُ كطاقةٍ حراريَّة. وينطوي هذا التفاعُل على تفكُّك روابطَ كيماويَّةٍ وتكوينِ روابطَ جديدةٍ؛ لكنَّ كميَّةَ الحرارة المُنبعثةَ بالترابط أكبرُ من تلك المُمتَصَّة بالتفكُّك. لِذا، يُطلِقُ التفاعُلُ حرارةً، ويُسخِّنُ المحيطَ حولَه. فهذا مَثَلٌ على تفاعُلٍ طاردٍ للحرارة.

يتفاعلُ الميثانُ مع الأكسجين ليكوِّنا ثاني أكسيد الكربون وماءً. وتُبيِّنُ الأشكالُ أدناه كيف تتفكَّكُ الروابطُ بين الذرّات ثمَّ تُعاوِد ترابُطَها.

ذرّة أكسجين

ذرّة هدروجين

جُزَيْءُ ميثان

ذرّة كربون

جُزَيْءُ أكسجين

جُزَيْءُ ثاني أكسيد الكربون

جُزَيئا ماء

ماء

نِتْرات الأمونيوم

الضَّغطُ على الكِمادة المُبرِّدة يشقُّ الكيس بداخِلها، فيذوبُ مُحتواه من نِترات الأمونيوم في ماء الكيس مُنتِجًا محلولًا باردًا جدًّا.

التفاعُلاتُ الماصَّة للحرارة

يَستخدِمُ الرياضيون كِمَاداتٍ مُبَرِّدةً لتخفيف ألم الإصابات. فالتفاعُل المُحدَثُ في الكِمادة يمتَصُّ الحرارةَ من جِسْم الرياضي، إذ إنَّ الحرارةَ الممتصَّةَ في تفكُّك روابط المتفاعلات في هذا التفاعل أكبر من تلك المُنطلِقة في تكوين روابط المُنتَجات. وهذا مَثَلٌ على تفاعُلٍ إندوثِرْميّ (ماصٍّ للحرارة).

تغيُّر الروابط

في كُلِّ تفاعُلٍ كيماويّ، تتفكَّكُ روابط في المُتفاعلات لتتشكَّل روابطُ المُنتَجات. الميثان مثلًا، المكوِّنُ الرئيسيّ للغاز الطبيعيّ، يتألَّفُ من أربع ذرّاتِ هدروجين مُترابطةٍ مع ذرّة واحدة من الكربون؛ فعِنْدَ احْتِراق الميثان يتفاعل مع أكسجين الهواء وتتفكَّكُ جميعُ الروابط بين ذرّاته، وتتكوَّنُ روابطُ جديدةٌ لتؤلِّف ثاني أكسيد الكربون وماء. وحيثُ إنَّ هذه الروابط الجديدة ذاتُ طاقة كامنةٍ أقلَّ منها في الروابط الأصليَّة، فإنَّ التفاعُلَ يُطلِقُ فرقَ الطاقةِ كحرارة.

يتفاعلُ المغنيسيوم في نافِطة الشَّرَر مع أكسجين الهواء مُكوِّنًا أكسيد المغنسيوم، وهذا التفاعُل يُطلِقُ طاقتَهُ كطاقةٍ ضوئيَّة.

يَبْهتُ لَوْنُ غلاف الكتاب لأنَّ الضوء الذي تمتصُّه جُزَيئاتُ أصْباغه يُفكِّكُ بعضَ الروابط الكيماويَّة فيها.

التفاعُلاتُ بالضوء

الطاقةُ التي يُطلقها أو يَمتصُّها تفاعُلٌ كيماويٌّ قد تكون طاقةً ضوئيَّة. فنَفّاطةُ الشَّرَر تطلق حين تُشعِلُها ضوءًا ساطعًا أبيضَ اللون. والمُلْصَقاتُ الإعْلانيَّة، كما الثياب، يَحُولُ لَوْنُها بامتصاص ضوءِ الشَّمْس القويِّ والتفاعُلات الكيماويَّة الناتجة منه. كذلك يُحرِّضُ ضوءُ الشَّمْس تفاعُلاتٍ في جِلْد المُتشمِّسين تكوِّنُ خِضْبَ الميلانين الذي يَسْفَعُهم بِسُمْرةٍ مُصفَرَّة.

لمزيد من المعلومات انظر

الترابُط الكيماويّ ص ٢٨
توصيف التفاعُلات ص ٥٣
سُرعة التفاعلات ص ٥٥
الحفّازات ص ٥٦
تحوُّلات الطاقة ص ١٣٨
حقائق ومعلومات ص ٤٠٤

يستخدمُ الشُّفْنين الكهربائيّ تفاعُلًا يُطلِقُ الطاقةَ ككهرباء ليَصعق بها فرائسَهُ.

التفاعُلاتُ بالكهرباء

بعضُ التفاعُلات يَستخدِمُ الكهرباء، وبعضها الآخر يُنتِجُها. فالشُّفْنين الكهربائيّ مثلًا، يستطيع قتلَ السمك الصِّغار بصدْمةٍ كهربائيَّةٍ قد تبلغُ شِدَّتُها ٢٢٠ فلط تتولَّدُ من تفاعُلٍ كيماويٍّ يحْصلُ في خلاياه. والبَرْقُ الذي هو شَرارةٌ كهربائيَّة ضخمة، يُحدِثُ تفاعُلاتٍ في الهواء - منها تكوُّنُ ثاني أكسيد النتروجين من النتروجين والأكسجين؛ وتكوين الأوزون من الأكسجين.



يُحدِثُ البَرْقُ تفاعُلًا بين النتروجين والأكسجين يُنتِجُ ثاني أكسيد النتروجين، وهذا يذوب في ماء المطر ويتساقط على الأرض كحامض النتريك - أحدِ مُكوِّنات المطر الحامضيّ.

طاقةُ التَّنْشيط

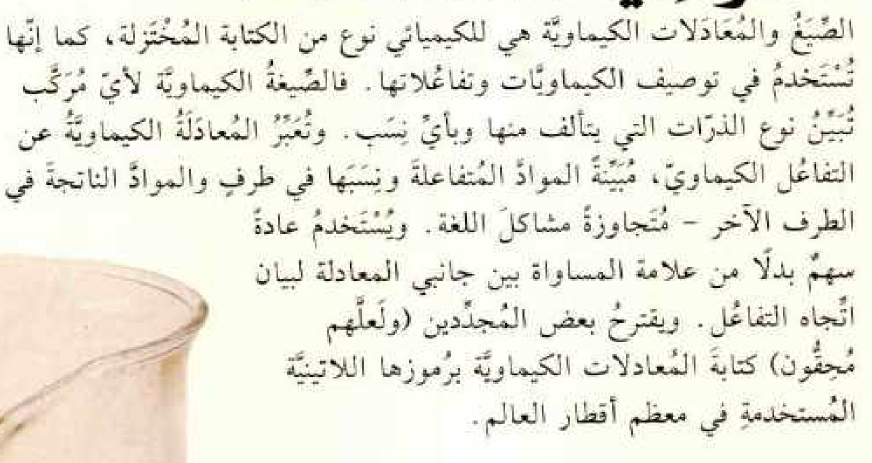
مُعظمُ التفاعُلاتِ تحتاجُ إلى كميَّةٍ مُعيَّنةٍ من الطاقة لتَبْدأ. لِذا لا يشتعِلُ عودُ الثِّقاب ما لم يُنشَّط بالحَكّ؛ كذلك لا تحترق فتيلةُ الشَّمْعةِ ما لم يُقرَّبْ منها عُودُ ثِقابٍ مُشْتَعِل. وتُسمَّى كميَّةُ الطاقةِ اللّازمة لبَدْء التفاعُل طاقةَ التنشيط.



لكأنَّ طاقةَ التَّنْشيط أكَمَةٌ يجبُ على المُتفاعِلات تجاوُزُها.

عُودُ الثِّقاب المشتعِلُ يبدأ التفاعُلَ بين أكسجين الهواء والشمع. ومتى انْطلق التفاعُلُ يستمِرُّ بدون مُساعدة.

تَوْصِيفُ التَّفاعُلات



الصِّيَغُ والمُعادَلات الكيماويَّة هي للكيميائيّ نوع من الكتابة المُختزلة، كما إنّها تُستَخدَمُ في توصيف الكيماويّات وتفاعُلاتها. فالصِّيغةُ الكيماويَّة لأيّ مُرَكَّب تُبيِّنُ نوع الذرّات التي يتألف منها وبأيِّ نِسَب. وتُعبِّرُ المُعادَلَةُ الكيماويَّةُ عن التفاعُل الكيماويّ، مُبيِّنةً الموادَّ المُتفاعلة ونِسَبها في طرفٍ والموادَّ الناتجةَ في الطرف الآخر - مُتجاوزةً مشاكلَ اللغة. ويُستَخدمُ عادةً سهمٌ بدلًا من علامة المساواة بين جانبي المعادلة لبيان اتِّجاه التفاعُل. ويقترحُ بعض المُجدِّدين (ولَعلَّهم مُحِقُّون) كتابةَ المُعادلات الكيماويَّة برُموزها اللاتينيَّة المُستخدَمةِ في معظم أقطار العالم.



يترسَّبُ جامدٌ أصفر هو يُوديد الرّصاص عند مزْج المحلولَيْن.

الرصاص الزئبق الفضّة

الرموز القديمة

S L

رُموز دالتون

صا بق ف

الرموز الحديثة

الرُّموزُ والصِّيَغُ الكيماويَّة

السبعةُ العناصرُ التي عُرِفت منذ القِدَم مُثِّلَ كُلٌّ منها بصورةٍ فلكيَّة. وحوالى عام ١٨٠٠، إستنبط جونْ دالتون، الكيميائي الإنكليزي، مجموعةً من الرموز الصُّوريّة للعناصر المعروفة في أيامه. وفي عام ١٨١١، إبْتدع جونْز برازيلْيُوس، الكيميائي السويدي، النظامَ المُعتمدَ اليوم حيث تُمثَّلُ العناصرُ بالحروف. ويمكِنُ ضَمُّ هذه الحروف معًا لِتِبيان صيغة المُركَّب الكيماويّ.

الكالسيوم الكربون الأكسجين

الصِّيَغ الكيماويَّة حيثما كان

لِكُلِّ مُرَكَّبٍ كيماويّ اسْمٌ وصيغةٌ تُبيِّن العناصرَ التي يتألَّف منها. فالإسْمُ الكيماويُّ للطباشير، مثلًا، هو كربونات الكالسيوم. وصيغَتُه الكيماويَّةُ هي كاك أ٣؛ أي مع كُلِّ ذرَّة من الكالسيوم (كا) هناك ذرَّةٌ من الكربون (ك) وثلاثُ ذرّات من الأكسجين (أ).



محْلول نِتْرات الرَّصاص في الماء



محْلول يُوديد البوتاسيوم في الماء

هذا مَثَلٌ على تفاعُل الإحْلال المتبادَل بين مُرَكَّبَيْن.

المُعادَلة بالكلمات: يُوديد البوتاسيوم + نِتْرات الرَّصاص ⟵ يُوديد الرَّصاص + نِتْرات البوتاسيوم

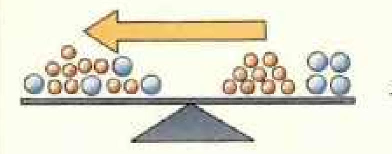
المُعادَلة بالرُّموز: ٢ بوي «ذ» + صا (ن أ٣)٢ «ذ» ⟵ صاي٢ «ج» + ٢ بون أ٣ «ذ»

لِتتوازنَ المُعادَلة يجب أن يضاعفَ عددُ جُزَيئات بوي (وعَدد جُزَيئات بون أ٣)

تُستَخدمُ احيانًا الرُّموز التالية لبيان حالة المادّة الكيماويّة: «ج» = جامد، «س» = سائل، «غ» = غاز، «ذ» = ذائب في الماء.

يشير العدد ٢ إلى أنّ مجموعتين من النِّتْرات تترابطُ مع كُلِّ ذرّة من الرَّصاص.

قانونُ بَقاء الكُتْلَة



عندما يَحْصلُ تفاعُلٌ كيماويّ لا يتلاشى من المتفاعلات شيء؛ فقط تترتَّبُ الذرّاتُ مجدَّدًا لتكوين المُنْتَجات. لذا يجب أن تكون المعادلةُ مُتوازِنةً وعَددُ الذرّات مُتساويًا في كُلٍّ من طَرَفَيْها. وهذا هو قانون بَقاء الكتلة، الذي ينصّ على أنّ «مَجْموعَ كُتَل الموادّ المُنْتَجة في تفاعُلٍ مَا يُساوي مَجْموعَ كُتَل الموادّ المُتفاعِلة».

المعَادَلات

يمكِنُ تَوصِيفُ التفاعُل بطُرُق مُختلفةٍ منها كتابةُ مُعادَلَةٍ له كلاميًّا أو بالصِّيَغ الكيماويّة. وإذا اسْتُخدمَت الصِّيَغ برموزها الكيماويّة، فيجب أن تكون المُعادَلَةُ مُتوازنةً، أي أن يكون عددُ الذرّات المماثلة متساويًا في كُلِّ طَرَف. فبالمعادلةِ المُتوازنةِ وَحْدَها يمكِنُ تِبْيانُ نِسَبِ الكيماويّات المتفاعِلة بعضها إلى بعض.

التكافؤ

- تكافؤ العُنصر هو عددُ الروابط الكيماويّة التي يمكن للذرّة تكوينُها. وهو عددُ الإلكترونات الذي تكسِبُه الذرّة أو تَفْقِدُه أو تُساهِمُ به عندما تشكِّل رابطًا كيماويًّا. فلتكوين مُرَكّبٍ مَا، يجب أن يكون مجموعُ التكافؤات لكُلِّ عنصرٍ فيه عددًا مُماثلًا.

تكافؤ الألومنيوم (لم) يُساوي ٣

تكافؤ الأكسجين (أ) يُساوي ٢.

لتكوين مُرَكّب أكسيد الألومنيوم (لم٢ أ٣)، تتّحدُ ذرّتان من الألومنيوم مع ٣ ذرّات من الأكسجين.

المُول

يحصي الكيميائيون الذرّاتِ والجُزَيئات المتناهيةَ الصِّغَر بالكُتلة؛ والمُول هو الوَحدةُ المعتَمدةُ لذلك. يحوي المُول من أي مادّة ٦ × ١٠ ^٢٣^ جُسَيْم، لكِنَّ كُتَلَ الموادِّ (أي كُتَلَها الذريَّة أو كُتَلَها الجُزَيْئيَّة) تختلف. واسْتخدامُ المُول في عَدِّ الجُسَيمات أشْبَهُ باستخدام الصَّيْرَفيِّ الوَزْنَ لمعرفة عدد قِطَع الدراهم المعدنيَّة بَدَلَ أن يَعُدَّها.

يحوي المُولُ الواحدُ من رابع أكسيد الرَّصاص ٦ × ١٠ ^٢٣^ جُزَيء، وكتلته تساوي ٦٨٥غ.

يحوي المُولُ الواحدُ من الألومنيوم ٦ × ١٠ ^٢٣^ ذرّة، وكتلته تساوي ٢٧غ. وقد سُمِّيَ العدد ٦ × ١٠ ^٢٣^ ثابت أو عدد أفوچادرو.

لمزيد من المعلومات انظر

التّرابُط الكيماويّ ص ٢٨
الجَدْوَل الدَّوريّ للعناصر ص ٣٢
التفاعُلات الكيماويَّة ص ٥٢
المُرَكّبات والمَزيجات ص ٥٨
حقائق ومَعلومات ص ٤٠٤

التَّفاعُلاتُ العَكُوسَة

من العبث طبعًا تصْنيعُ كتلةٍ خشبيّةٍ من الدُّخان والرَّماد اللذين نتجا عن احْتراقها! فمُعظمُ التفاعُلاتِ الكيماويّة، كالاحتراق، تجري في اتّجاه واحد فقط؛ وهي تفاعُلات لا عَكُوسَة - إذا ما حَصَلت فلا يمكِنُ إعادةُ مُنْتَجاتِها إلى ما كانت عليه. لكِنَّ هذا لا ينطبق على كُلِّ التفاعُلاتِ الكيماويّة، إذ يمكِنُ أحيانًا عَكْسُ التغَيُّر الحاصل. فمثلًا، عندما تُضاف مادّةٌ قِلْويّةٌ، كصُودا الغسيل، إلى عَصير الملفوف الأحمر يتحوَّل لونُه إلى خُضرةٍ مُزرَقَّة. وإذا أُضيفَ حامضٌ، كالخَلّ، إلى العصير المُخْضَرّ، يعود العصيرُ إلى لونه الأحمر ثانيةً. إنَّ تفاعُلاتٍ كهذه هي تفاعُلاتٌ عكوسَةٌ ذاتُ اتّجاهين - قُدُمًا (كتحوُّل العصير الأحمر إلى الخُضرَة) وعَودًا (كتحوُّل العصير الأخضر إلى الحُمرة)؛ وكلاهما في الواقع يحصلان معًا في الوقت نفسِه، غير أنَّ ظروفَ التفاعُل قد تجعل أحدَهما أسْرَعَ من الآخر.

غاز ثاني أكسيد النتروجين ⇌ غاز أول أكسيد النتروجين والأكسجين

يَسْتخدِمُ العُلماءُ هذا الرمزَ للتفاعُلات العَكُوسة.

ثاني أكسيد النتروجين

إذا سُخِّن غازُ ثاني أكسيد النتروجين البُنّيُّ اللون، يبْهَت لَوْنُهُ تدريجيًّا حتى يصبح عادمَ اللون على درجة حرارة ٦٢٠° س. وذلك لأنّه يتفكّكُ إلى غازَي أول أكسيد النتروجين وأكسجين؛ وكلاهما عديمُ اللون. وعند التبريد ينْعَكِسُ هذا التغَيُّر.

ذرّةُ نتروجين

ذرّةُ أكسجين

ثاني اكسيد النتروجين ⇌ اول أكسيد النتروجين وأكسجين

حالةُ التّوازُن

التفاعُلُ العَكُوسُ يبدو بعد فترةٍ كأنّه مُتوقِّف؛ والحقيقةُ أنّ التفاعُلين، قُدُمًا وعَودًا، مُسْتمِران - لكن بالسُّرعة نفسِها، أي أنّهما في حالِ توازُنٍ كيماويّ. وهذا يُشْبِهُ واقِعَ المِركَضَة (مكنة الركض) حيثُ تبقَى في مكانك إذا رَكَضْتَ بسُرعةٍ تعادِل سُرعة المكنة؛ وإذا تباطأتَ تجِدْ نفسَكَ في تراجُع، وعليك أن تزيدَ من سرعتك لإعادةِ التوازُن ثانيةً.

مَبْدَأُ لُوشاتْلِييه

إنَّ أيّ تغيُّرٍ في درجةِ الحرارة أو الضّغط أو التركيز، خلالَ تفاعُلٍ عَكُوس، يُغيِّر سُرعة التفاعُل قُدُمًا أو عَودًا. فبِالتبريد، مثلًا، تزدادُ سُرعةُ التفاعُلِ الطّارِدِ للحرارة، لإبطال أثر التبريد. وقد لُخِّصتْ هذه الظَّواهِرُ في مَبْدَإ لُوشاتْلِييه - الذي ينُصُّ على أنَّ «التغَيُّر الواقِعَ على تفاعُلٍ في حالِ التّوازُنِ يؤدي إلى اتجاه التفاعُلِ في المَنْحَى الذي يُبطِلُ تأثيراتِ ذلك التغيُّر».



تفاعُل في حالة التوازن. إنّ سُرعة التفاعُل قُدُمًا تساوي سُرعة التفاعُل عَودًا.



إذا أُضيف مزيدٌ من المُنتجات، فستزيد سُرعة التفاعُل الرّاجع لاستِنْفاد الموادّ المُضافة.



إذا أُضيف مزيدٌ من المُتفاعِلات، فستزيد سُرعة التفاعُل قُدُمًا لاستِنْفاد المُتفاعِلات المُضافة.



هِنري لُوشاتْلِييه

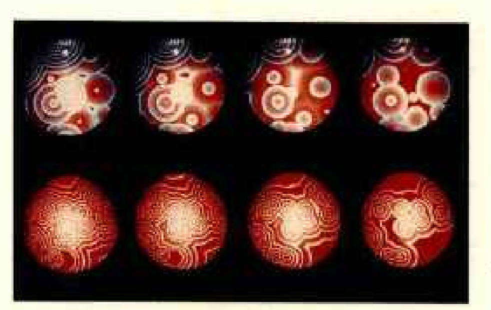
لُوشاتْلِييه (١٨٥٠-١٩٣٦) عالِمٌ باريسيّ المولد، عَمِل بضعَ سنوات كمُهندسِ مناجمَ قبل انتقاله إلى التعليم في جامعة باريس. وترتبطُ شهرتُه العلميّةُ بالمبدأ المعروف الذي يحملُ إسْمَه.

تغيُّرٌ لا عَكُوس

عندما يَحترِقُ الوَرَقُ ينْتجُ ثاني أكسيد الكربون وماءٌ وسِناج. وهذه المُنْتَجات لا يمكِنُ إعادتُها إلى وَرَقٍ ثانيةً، لأنَّ الاحتراقَ تفاعُلٌ لا عَكُوس.

الساعاتُ الكيماويّة

بعضُ التفاعُلات العَكُوسَة لا تستقِرُّ على توازُنٍ؛ فإذا ما ابتدأت تواصِلُ ترَجُّحها إقبالًا وإدبارًا. ويُحدِثُ هذا أحيانًا تغيُّراتٍ لونيّةً مُدهشة. ففي لحظة قد يكون المحلولُ أزرقَ، وفي اللحظة التالية يُصبِحُ أحمرَ اللون. وكون ترجُّح هذه التفاعُلات يحدثُ في فتراتٍ زمنيّةٍ مُنْتَظِمة، فقد أُطلِق عليها اسم «الساعات الكيماويّة».



أُخِذَت هذه الصُّورة لاثنين من تفاعُلات «الساعات الكيماويّة»، على فتراتٍ بين الواحدة منها والأُخرى دقيقة؛ وهي تُبيِّنُ حركةَ التمَوُّجاتِ اللّونيّة اثناء التفاعُل.

لمَزيد من المعلومات انْظُر

تغيُّرات الحالة ص ٢٠
النِّتروجين ص ٤٢
الأكسجين ص ٤٤
التفاعُلات الكيماويّة ص ٥٢
سُرعة التفاعُلات ص ٥٥
قياس الحَمْضِيّة ص ٧٢
الأمونيا ص ٩٠

سُرعةُ التفاعُلات

تَحْصَلُ الانْفجارات بِسُرعةٍ فائقة، أمّا التفاعُلات الأُخرى فأبطأ كثيرًا - فقد لا يظهر الصدأُ على درّاجةٍ جديدةٍ قبلَ عِدّة سنوات. في حياتنا اليوميَّة كثيرًا ما نرغب في تغيير سُرعة تفاعُل مّا؛ فنحن نَضَعُ اللبَن في الثلّاجة لكي نُبْطِئَ سُرعةَ احْمِضاضِه. كذلك يرغبُ الكيميائيون أيضًا في التحكُّم بسُرعة التفاعُلات - فالصناعيُّون منهم يَوَدّون تسريع التفاعُلات لتخفيض التكاليف، أما العُلماء البيئيون فيريدون تبطئةَ التفاعُلات المُضِرَّةِ بالأرض. والعواملُ التي يمكِنُ أن تؤثّر في سُرعة التفاعُل كثيرةٌ، أهمُّها درجةُ الحرارة والضَّغْط وتركيز المتفاعِلات والضوءُ ومِسَاحةُ السَّطح.

المادّةُ المغمورةُ في محلول الصباغ المركّز تنصبغُ بسُرعة كبيرة - فالتفاعُل هنا سريع.

المادّةُ المغمورةُ في محلول الصباغ القليل التركيز تنصبغُ ببُطء - فالتفاعُل هنا بطيء.

تفجُّر الفَحْم

قطعةُ الفحم الكبيرة لا تتفاعَل مع الهواء إلا بَعْدَ إشعالها؛ لكِنَّ مزيجًا من دُقاق الفحم والهواء يتفاعلُ بسُرعةٍ مُتفجّرة، كما في انْفجارات المناجم. وذلك لأن المساحة القادرةَ على التفاعُل في دُقاق الفحم كبيرة جدًّا.



تطالُ جُزَيئاتُ الاكسجين جُسَيمات الفحم السطحيّة فقط.

في دُقاق الفحم، جُسَيماتُ الفحم المتاحة للتفاعُل مع جُزَيئاتِ الاكسجين كثيرةٌ جدًّا.

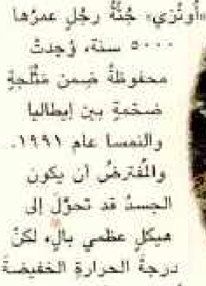
تأثيرُ مِساحة السَّطح

مِساحةُ السَّطح لجِسْم جامدٍ هي مُجمل مِسَاحة سُطوحه الخارجيَّة، وهذه تؤثّر في سُرعة التفاعُل. فشرائح البطاطا مثلًا، أسرعُ نُضجًا عند القَلْي من القِطع الكبيرة، لأنّ سطوح الجُسيمات المعرَّضة فيها للتفاعُل مع الزيت الحارّ أكثرُ مِساحةً بكثير.

تُنْضَجُ البطاطا عادةً مغمورةً في زيت المِقلاة. والمعروف أن قِطَع البطاطا الكبيرة يلزمُها وقتٌ أكثرُ بكثيرٍ من الشرائح. فهذه تنضجُ في ثوانٍ لأن نسبة مساحة السَّطح إلى الحجم فيها أكبرُ بكثير.

تأثيرُ التركيز

إذا أردت صَبْغَ مادّةٍ مّا بسُرعة، فعليك استخدامُ محلولِ صباغٍ شديدِ التركيز. ففي المَحلول المركّز، كثيرٌ جدًّا من جُسَيماتِ الصّباغِ المُذابة لتتصادمَ مع المادّة وتُسبّب التفاعُل. أمّا في المحلول المُخفَّف الحاوي قِلّةً من جُسَيمات الصّباغ، فسُرعةُ التفاعُل، بالتالي، بطيئةٌ. وللسبب نفسِه، فإنّ عمليةَ الاحتراق في هواءٍ عالي المُحتوى الأكسجيني سريعةٌ جدًّا.



«أوتزي»، جُثّةُ رجُلٍ عمرُها ٥٠٠٠ سنة، وُجِدتْ محفوظةً ضِمن مُثلّجةٍ ضخمةٍ بين إيطاليا والنمسا عام ١٩٩١. والمُفترضُ أن يكون الجسدُ قد تحوّلَ إلى هيكلٍ عظميٍ بالٍ، لكنّ درجةَ الحرارةِ الخفيضة بطّأت انحلالَه.



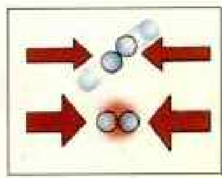
تأثيرُ الضَّغط

جُسَيماتُ الغاز مُتباعِدةٌ كثيرًا؛ لكنها بزيادة الضغط تتقاربُ، وتزداد احتماليةُ تصادُمها لإحداث تفاعُلٍ فيما بينها. وفي الأوتوكلاف (المُوصَدة) يُسْتَخدمُ الضَّغْط العالي لتعقيم الأشياءِ بالبُخار بسُرعةٍ كبيرة.

نظَريَّةُ التَّصادُم

يحصلُ التفاعُل الكيماويُّ حينما تتصادمُ الجُسَيمات المتفاعلة فيما بينها بقُوّةٍ (أو بطاقةٍ) كافيةٍ (هي طاقة التنشيط) لتفكيك الروابط فيما بينها. وحسب نظريَّة التَّصادُم هذه، فإنّ الجُسَيماتِ المُتَصادمةَ سترتدُّ بعضُها عن بعض إذا لم تتوافرْ لها الطاقةُ الكافية. وهذا مثيل لما يحدث في سِباق السيّارات القديمة؛ فالسيّارتان المُتباريتان لن تُحدثا العَطبَ المتوقَّعَ ما لم ترتطما بقوةٍ كبيرةٍ جدًّا.





إذا تجابَه جُسَيمان، فقد يرتدّان بدون تفاعُل، إلّا إذا كان التصادُمُ بقوةٍ كافيةٍ لإحداثِ تفاعُلٍ كيماويّ.

تأثيرُ درجة الحرارة

تُسْرِعُ مُعظمُ التفاعُلات بارتفاع درجةِ الحرارة. وذلك لأنّ طاقةَ الجُسَيمات المُتفاعِلة تزدادُ بارتفاع درجة الحرارة وتزداد سرعتُها كذلك. وهكذا تزداد احتماليةُ ارتطام بعضِها ببعض بمقدارٍ من الطاقةِ كافٍ لإحداث تفاعُلٍ. أمّا بانخفاض درجة الحرارة، فتَبْطُؤ جميعُ التفاعلاتِ الكيماويَّة؛ وهذا هو سبب استخدام الثلّاجات لحِفْظ الطعام.

تأثيرُ الضوء

اللدائن المَحْلولة حيويًّا تنحلّ في ضوء الشّمس الساطع بسُرعةٍ أكبرَ من انْحلالها في خزائن المطابخ. ذلك لأنّ بعضَ التفاعُلات تُسْرِعُ بالضوء - إذ يُمِدُّ الضوءُ الجُزَيئاتِ المتفاعِلةَ بطاقةٍ تزيدُ من تحرُّكها.

لمزيد من المعلومات انْظُر

النظريّة الحَرَكيّة ص ٥٠
التفاعُلات الكيماويّة ص ٥٢
الحفّازات ص ٥٦
المحاليل ص ٦٠
صناعة الكيماويّات ص ٨٣

الحَفَّازات

الحفَّازاتُ سَحَرةُ عالَمِ الكيمياء، إذْ تستطيع تَغْيير سُرعةِ التفاعُل وتبقى هي على حالها بعد انتهائه - فكأنّها واسطةُ تَعارُفٍ بين المُتفاعِلَيْن (أو المُتفاعِلات). إن حوالى ٩٠٪ من الكيماويّات تُحضَّرُ اليومَ باستخدام الحَفَّازات. فتُستَخدمُ الحفَّازاتُ الاصطناعيّةُ مثلًا، في صُنع البِنزين واللدائنِ والأسمدة والأدوية والألياف الصُّنْعيَّة (للملابس) وغيرِها. والأنزيماتُ التي تتحكَّم بالعمليّات الحيويَّة في أجسامنا هي حَفَّازاتٌ طبيعيَّة عُضويَّة. عادةً تُستَخدمُ الحفَّازاتُ لتسريع التفاعُل؛ لكن يمكنُ استخدامُها أيضًا لِتثبيط التفاعُل - فتضاف مثلًا، كيماويَّاتٌ مضادَّةٌ للتأكسُد إلى الأطعمة لِحفظها من التعفُّن السريع. ويُعزى وضع لفظة «كتْلَزة» التي تعني «حَلّ أو تفكيك» إلى الكيميائي السويدي يُونْز بَرْزِلْيُوس (١٧٧٩-١٨٤٨).

الأزيزُ الذي يُحدثُه السُّكَّر عند وَضْعه في شراب مُكربَن سببُه أنّ السُّكَّر يعمل كحفّازٍ لطرد ثاني أكسيد الكربون من المحلول.

تُخفِّضُ الحفّازاتُ طاقةَ التنشيط اللّازمة للتفاعُل.

مَسارُ التفاعُل

تُسَرِّعُ الحفّازاتُ التفاعُلَ بتوفيرها مَسْلكًا أسهَلَ لمَسارِه. تخيَّلْ سِباقًا للدرّاجات حيثُ يُكافحُ أحدُ الفريقين لتجاوُزِ قِمّةِ ربوة صعودًا، بينما يَدْرُجُ الفريقُ الآخرُ نزولًا في المُنحدَر دون عَناء. فالمسلكُ الرَّبَويُّ الأكمَويُّ يمثّل طريقَ التفاعُل الطبيعيّ، بينما يمثّلُ المُنحدَرُ المسارَ الذي يُوفّرهُ الحفّاز.

في الصورة أعلاه مجموعةٌ من الحفّازات المختلفة، المُتباينةِ الشكل والحجم، لكنّها جميعُها كبيرةُ المساحة السطحيّة دائمًا.

الميثانُول

الميثانُول، أو الكحُولُ الميثيليّ، سائلٌ صافٍ يمكنُ خزنُه في قواريرَ مئةَ عامٍ بدون أن يتغيّر. لكنّه إذا أُمِرَّ فوق حافزٍ من الزّيُوليت المُحْمَى، يتحوّلُ فورًا، بتفاعُلٍ كيماويّ لافتٍ، إلى بنزين. ويُسْتَخدمُ هذا التفاعُلُ المُهِمُّ اقتصاديًّا في نيوزيلندا كجزءٍ من عمليّة تحويل الغاز الطبيعي إلى بنزين.

بِنْيةُ الزّيُوليت

تتحكَّمُ الثقوبُ في حجم الجُزَيئات التي تستطيع الدخول. وبتغيير مقاساتِ هذه الثقوب، يستطيعُ الكيميائيون تخليقَ الزّيُوليت المناسب لِتفاعُلٍ مُعيَّن.

لفظة الزّيُوليت تعني «حجر الغليان» باليونانية لأنه عند إحمائه يُطلق الماءَ من ملايين الأقنية الدقيقة بداخله (ويصبح حفّازًا شديدَ الفعاليّة).



جُزيءٌ متفاعِلٌ مُحْتَبَسٌ في ثَقْب الزّيُوليت

الزّيُوليتات

الزّيُوليتاتُ طائفةٌ مُدهشة من الحفّازات توجدُ طبيعيًّا في الصخور البُركانيّة؛ كما يمكنُ تصنيعُها أيضًا. وهي تتألف عادةً من ذرّاتِ الألومنيوم والسِّليكون والأُكسجين مُترابطةً معًا في بِنْيةٍ نُخروبيّةٍ جميلةٍ تحوي ملايينَ الثقوب. فخِلال التفاعلات تُحْتَبَس الجُزيئات المتفاعلة في هذه الثقوب حيث يجري تفاعُلها. إنّ حجمَ الثُّقوبِ أمرٌ بالغُ الأهميّة - إذ إنّ ذلك يسمحُ لجزيئاتٍ من حجومٍ مُعيَّنةٍ فقط بالدخول لإجراء التفاعُل الكيماويّ.

الخَلايا الوَقُوديّة

تَستَخدِمُ الخلايا الوقوديّةُ في العربات الفضائيّة حَفّازًا فلزّيًّا، هو البلاتينُ غالبًا، لتحويل مخزونها من الهدروجين والأُكسجين إلى ماء. وهذا التفاعُل يُوَلِّدُ طاقةً كهربائيّةً تُمِدُّ أجهزةَ العربةِ بالقُدرة، وفي الوقت نفسِه يُنتِجُ ماءً يفي بحاجةِ الطاقم للشرب والغسل وإعادة إمَاهةِ الطعام. وهكذا ترى أنه حتى روّادُ الفضاء يعتمدون على الحفّازات.

مِساحةُ السَّطح

تَعْمَلُ مُعظمُ الحفّازاتِ بتقريب المُتفاعلَيْن واحدهما إلى الآخر عن طريق تشكيل روابطَ مؤقّتةٍ مع أحدهما أو كِليهما. لذا فمن المُهِمّ جدًّا أن يكون الحفّازُ ذا مِساحةِ سطحٍ كبيرةٍ لأنّ هذا السطح هو المكانُ الذي تجري فيه التفاعُلات. فمثلًا، مِساحةُ الثقوب في ملعقة كبيرة من الزّيُوليت تعادِلُ مِساحةَ ملعبين مُجتمِعَيْن لِكُرة القَدَم.



الثُّقوبُ في ملعقةٍ كبيرةٍ من الزّيُوليت توفّرُ مِساحةَ تفاعُلٍ تُعادِلُ مِساحةَ ملعبَيْن لِكُرة القَدَم.

ڤِلهلْم أُوستوُولْد

ڤِلهلم أُوستوُولْد (١٨٥٣-١٩٣٢) كيميائي ألماني، أجرى أبحاثًا حَوْل الحفَّازات في وقتٍ كانت فيه فِكرةُ إيجاد مادَّةٍ كيماويَّة تُغيِّر سُرعةَ تفاعُل مَّا مُثيرةً للتَّهكُّم. غير أنّه ثابَرَ على عمله وبيَّنَ للعالم الأهميَّةَ الفائقةَ للحفَّازات بتطويره طريقةً لتحويل الأمونيا إلى حامض النِّتريك. وفي عام ١٩٠٩، مُنِحَ جائزةَ نُوبِل للكيمياء.



الأنْزيمات

تُنتِجُ الطبيعةُ حفّازاتٍ حيَويَّةً رائعةً هي الأنزيمات، التي بدونها كانت تُصبح آلافُ التفاعُلات في الجِسْم البشري من البُطء بحيث يستحيل استمرارُ الحياة. تحفِزُ الأنزيماتُ في أجسامنا انْحلالَ الطعام وتُساعدُ في تخليق كيماويَّاتٍ مُهمَّةٍ كالبروتينات. كما تُستَخدمُ الأنزيماتُ اليومَ أيضًا لتصنيع الأدوية ومَساحيقِ الغسيل وعصير الفاكهة.

يَصفو عصيرُ الفاكهة الكَدِرُ بواسطة الأنزيمات.

تعملُ الأنزيماتُ في مساحيق الغسيل على تفكيك البُقَع وإزالتها.

الأنزيمُ، بخلاف غيره من الحفَّازات، يحفِزُ نوعًا مُعيَّنًا من التفاعُلات. فكما المفتاحُ الصحيحُ فقط يلائم قُفْلًا مُعيَّنًا، كذلك يجب أن تتلاءم الجُزَيئاتُ المتفاعلة بدِقَّةٍ مع جُزَيء الأنزيم.

مَساحيقُ الغسيل الأنزيميَّة

تحْوي مَساحيقُ الغسيل البيولوجيَّةُ حفَّازاتٍ أنزيميَّةً تُساعد في تفكيك البُقَع وإزالتها. وهذه المساحيقُ غيرُ فعَّالةٍ في الماء الحارّ لأنّ درجاتِ الحرارة العالية تقتلُ الأنزيمات.

توجدُ داخل المُحوِّل بِنًى شُخروبيَّةٌ مُطليَّةٌ بطبقةٍ رقيقةٍ من فِلزَّيِ البلاتين والرُّودْيُوم – وهما عُنصرا الحفْز في المحوِّل.



المُحَوِّل الحفَّاز

تحوي بعضُ السيَّارات مُحَوِّلًا حفَّازًا. هذا المحَوِّل يُحيلُ غازاتِ العادم السَّامةَ الملَوِّثةَ للهواء إلى غازات أقلّ ضررًا. ويتألّف المحوِّل من طبقات رقيقة من فِلزَّيِ البلاتين والرُّوديُوم على حوامِلَ شُخروبيَّة. وحيث إنّ الرصاصَ يُفسِدُ البلاتين والروديوم (لأنه يلتصق بهما ويمنعُ التفاعُل) فينبغي أن تَستعمِلَ السيَّاراتُ ذاتُ المُحوِّلات الحفَّازة البنزينَ الخاليَ من الرَّصاص.

غازاتُ العادم الحاويةُ أوَّلَ أكسيد الكربون وأكاسيدَ النتروجين والهدروكربونات والهواء تدخلُ المُحوِّلَ الحفَّازَ من أحد طرَفَيْه.

تُكوِّنُ غازاتُ العادم روابطَ مُؤقَّتةً مع سطح الحفَّاز – وبذلك تتقاربُ شديدًا، فيتمُّ التفاعُل فيما بينها.

يُحيل المحَوِّلُ أوَّلَ أكسيد الكربون والهدروكربونات إلى ثاني أكسيد الكربون وماء؛ كما يُحَوِّل أكاسيدَ النتروجين إلى نتروجين – فتنطلقُ المُنتَجاتُ إلى الهواء دون ضررٍ يُذكَر.

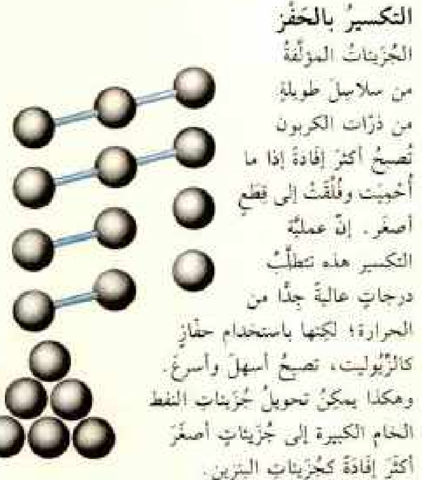
طبقةُ الأوزون فوق القطب الشماليّ.

حَفَّاز انْحلال الأوزون

الكلُورُ الناتجُ عن تفكُّك الغازات الكربونيَّة، المُهلجَنةِ بالكلُور والفلُور، هو الحفَّازُ الفعَّالُ في إحالةِ الأوزون إلى أكسجين في طبقات الجَوّ العُليا. وككُلِّ الحفَّازات، يبقى الكلورُ على حاله في نهاية التفاعُل، فيتابع تفكيكَ المزيد من الأوزون. وهذا هو سببُ الثقب الخطير في طبقةِ الأوزون في أعالي الجَوّ.

التكسيرُ بالحَفْز

الجُزَيْئاتُ المؤلَّفةُ من سلاسِلَ طويلةٍ من ذرّات الكربون تُصبحُ أكثرَ إفادةً إذا ما أُحْمِيَت وفُلِّقَت إلى قِطعٍ أصغر. إنّ عمليَّةَ التكسير هذه تتطلَّبُ درجاتٍ عاليةً جدًّا من الحرارة؛ لكنّها باستخدام حفَّازٍ كالزِّيُوليت، تصبحُ أسهلَ وأسرعَ. وهكذا يمكِنُ تحويلُ جُزيئاتِ النفط الخام الكبيرة إلى جُزيئاتٍ أصغرَ أكثرَ إفادةً كجُزيئاتِ البنزين.



صوفٌ معدِنيّ مُشَرَّبٌ بزيت البرافين (الكيروسين)

قِطعُ خزَف صينيّ

فقاقيعُ الغاز هذه هي جُزيئاتٌ بترولية أصغرُ من جُزيئات الزيت الكبيرة.

حرارة

التكسيرُ في المُختبَر

يمكِنُ استخدامُ قِطَع الخزَف الصينيّ كحفَّازٍ لتفكيك زيت البرافين؛ ويُعرف هذا التفاعُل بالتكسير. فإذا أُحميَ الصوفُ المَعدِنيُّ المُشرَّبُ بزيت البرافين في أنبوب اختبارٍ بحيث يَمُرُّ الزيت فوق الخزف الصيني، فإنّ روابطَ جُزيئاتِ الزيتِ الكبيرة تتفكَّك وتتكوَّنُ جُزيئاتٌ غازيَّةٌ أصغرُ وأخفُّ يمكِنُ تجميعُها.

لمزيد من المعلومات انْظُر

التفاعُلات الكيماويَّة ص ٥٢
سُرعات التفاعُل ص ٥٥
المركَّبات والمَزيجات ص ٥٨
كيمياء الجِسْم البشري ص ٧٦
مُنتَجات النِّفط ص ٩٨
الهضم ص ٣٤٥

المُرَكّباتُ والمَزيجات

قَلَّما تتواجَدُ العَناصِرُ حُرَّةً في الطبيعة؛ فمُعظمُ الموادِّ تتألّفُ من عُنصرَيْنِ أو أكثرَ ترابطت ذرّاتُها بطُرُقٍ وتفاعُلاتٍ كيماويّةٍ مختلفةٍ لتكوِّنَ المركَّبات. وهذه من العسير جدًّا فصلُها بعد ذلك إلى مقوِّماتها. جُزَيءُ الماء، مثلًا، يتألف من ذرّتي هدروجين مُتَّحدتَيْن مع ذرّةٍ واحدة من الأكسجين. إنّ اتّحادَ العناصر كيماويًّا لتكوين المركَّبات يختلف اختلافًا جذريًّا عن مُجرَّد مَزج الموادِّ معًا للحصول على مزيج – حيث تختلِطُ العناصرُ أو المركَّباتُ المختلفة دونَما تفاعُلٍ كيماويّ، كماءِ البحر الذي هو مزيجٌ من الماء وبعض المركَّبات كملحِ الطعام. تمتزجُ الموادُّ لتكوين المزيج بأيِّ نسبةٍ وتَحْتفظُ المُقوِّماتُ بخواصِّها، بخلافِ مُقوِّمات المُركَّب؛ لذا يمكِنُ فَصْلُ المَزيجاتِ إلى مُكوِّناتها المختلفة بطُرُقٍ سَهلة.

كُتَلُ البناء

كما تُستخدمُ حُروفُ الهجاء في بناء ملايين الكلمات، هكذا تُستخدمُ العناصر في تكوين ما لا يُحصى من المركَّبات المختلفة. فالعناصرُ هي كُتَلُ البناء الطبيعيةُ المُستخدَمةُ في تكوين الكثير الكثير من البِنَى الكيماويّةِ المختلفة.

الحديدُ والكبريت

في مزيج من بُرادة الحديد والكبريت تظَلُّ الذرّاتُ مُنفصلةً، ويحتفظ كُلٌّ من الحديد والكبريت بخواصِّهِ المُميَّزة. أمّا عند إحماء المزيج، فيحصل تفاعُلٌ كيماويٌّ يُنتِجُ مُركَّبًا أسودَ هو كبريتيدُ الحديد. وهذا المركَّبُ يحوي ذرّاتِ الحديد مترابطةً كيماويًّا مع ذرّات الكبريت؛ وهو ذو خصائصَ مختلفةٍ تمامًا عن خصائصِ المزيج أو مُكوِّناته مُنفردةً.

عنصرٌ حراريّ

ذرّة حديد

ذرّة كبريت

عندما تمتزج بُرادةُ الحديد مع الكبريت، يظَلُّ بإمكانك مشاهدةُ دقائقِ الحديد السوداءِ في مسحوق الكبريت الأصفر.

يمكِنُ فَصْلُ الحديد في مزيج الكبريت والحديد بالمغنطيس؛ فالحديدُ في المزيج يحتفظُ بخصائصه المغنطيسيّة.

كبريتيد الحديد مُركَّبٌ أسودُ برّاقٌ، تختلف خصائصُه عن خصائص العُنصرَيْن اللذين تألّف منهما.

جُزَيءُ كبريتيد الحديد

لا يمكِنُ سحبُ الحديد من كبريتيد الحديد بالمغنطيس؛ فالحديد في المركَّب يفقِدُ خصائصه المغنطيسيّة.

مغنطيس

في المزيج، يمكِنُ فصْلُ بُرادة الحديد عن الكبريت باستخدام المغنطيس.

خصائصُ المُرَكَّبات والمَزيجَات

المركَّباتُ، ككِبْريتيد الحديد، تختلفُ اختلافًا جذريًّا في خصائصها عن خصائص العناصر التي تتألّف منها؛ لكنّ المزيجَ يحتفِظُ بخصائص الموادِّ التي يحتويها. وهكذا فإنّ فَصْلَ المركَّب إلى عناصره أمرٌ صَعْبٌ، إذا لم يكنْ مستحيلًا أحيانًا؛ بينما يمكِنُ فَصْل المزيج إلى مقوِّماته بسُهولة تامة، كفَصْل بُرادة الحديد بالمغنطيس في مزيج الحديد والكبريت. كذلك فإنّ المركَّبَ يحوي دائمًا نِسَبًا ثابتةً من العناصر التي تؤلِّفُه – فكبريتيدُ الحديد (ح كب) يحوي دائمًا جُزْءًا واحدًا من الحديد للجزءِ الواحد من الكبريت. أمّا في المزيج، فيمكِنُ أن تتغيّرَ نِسَبُ الموادِّ المختلفة التي يتألّف منها.

هنالك مُركَّباتٌ ومَزيجات عديدةٌ في منظر المدينة الظاهرة في الصورة.

اللّدائنُ مركَّباتٌ مُعظمُ مُقوِّماتِها من الهدروجين والكربون.

الزُّجاجُ مُركَّبٌ من السليكون والأكسجين.

هياكلُ السيّارات مصنوعةٌ من مَزيجات فلزّيّة تُدعى سبائك.

قانونُ النِّسَب الثابتة

مِلحُ الطعام (كلوريد الصوديوم، (ص كل) مُركَّبٌ يتواجدُ في ماء البحر ومناجم الملح، ويمكِنُ تحضيرُه في المُختبر. لكنّه يبقى الملحُ ذاتُه المُركَّبُ جُزَيئُه من ذرّةٍ واحدة من الصوديوم وذرّةٍ واحدة من الكلور. وينُصُّ قانون النِّسَب الثابتة على أنّ «كُلُّ مُركَّبٍ نقيٍّ يحوي دائمًا العناصرَ نفسَها بنِسَبٍ ثابتةٍ بالوَزْن».

جوزيف لُوي بروست

كان الكيميائي الافرنسي، جوزيف - لُوي بروست (١٧٥٤-١٨٢٦)، مُولعًا بتحليل كُلِّ ما يقَعُ في مُتناوله. فاكتشفَ أنّ نِسَبَ العناصرِ في أيِّ مُركَّبٍ هي دائمًا ثابتةٌ. ولم يَرُقْ ذلك لعلماءِ عصرِه، لمُخالفته مَفاهيمَهم لكنّ بروست كان على حَقّ - فقد اكتشف قانونَ النِّسَب الثابتة.

أنْواعُ المَزيجات

يُمكِنُ مَزْجُ الجوامد والسّوائل والغازات بتوليفاتٍ ونِسَبٍ مُختلفة. وتأخذُ مزيجاتُ السّوائل أشكالًا متعدّدةً؛ فالماء والكحول مَزوجان، أي يمتزجان بسُهولة. أمّا السّوائل اللامَزوجة، كالخَلّ والزّيت، فيطفو واحدُها (الزّيتُ) فوق الآخر. لكن بإضافة عامل استحلاب (مُستحلِب)، تَستعلِق قُطيراتُ الزّيت في الخَلّ لتكوّنَ مزيجًا يُدعى مُستحلَبًا. والمايونيز هو مُستحلَبٌ من الزّيت والخَلّ، والمُستحلِبُ فيه هو مُحُّ (صفارُ) البَيْض.

دُخانُ البَخور مزيجٌ من دقائقه الغُباريّة الجامدة مع الهواء.

الخُبزُ مزيجٌ من جامدٍ وغاز.

رَغْوةُ الحِلاقة مزيجٌ من سائلٍ وغاز.

في المشروبات الأزّازة غازٌ، هو ثاني أكسيد الكربون، مُذابٌ في السّائل.

في تَتْبيلة السَّلطة، يطفو الزّيتُ فوق الخَلّ - كونَهُما سائلين لامَزُوجين.

الجِعةُ مَزيجٌ من سائلين مَزُوجين هما الكحولُ والماء - فلا ينفصلان إلى طبقتين.

الجِلُ الشَّعريُّ مَزيجٌ من جامدٍ ودُهْنٍ وماء. فالدُّهْن يحتبسُ الماءَ ويمنعُه من الحَرَكة.

الطحين يشكّلُ مُستَعلَقًا مع الماء عند مَزْجهما معًا. في الموادّ الغَرَوانيّة تكونُ الجُسيمات المُستَعلَقةُ صغيرةً جدًّا.

السَّبائك

بعضُ الأجسام، كالعربات الفضائيّة، تُصنَعُ بالضرورة من موادَّ خفيفةٍ ومتينة؛ والفِلزّاتُ النقيّةُ لا تحقّقُ هذه المُواصفات. لذا تُستَخدمُ مَزيجاتٌ من الفِلزّات تُدعى السَّبائك - وهي تُصنَعُ بإضافة كمّيّةٍ قليلة من فِلزٍّ نقيٍّ إلى فِلزٍّ آخر. وحيثُ إنّ شَكْلَ الذرّات في الفِلزّ المُضاف مُختلفٌ، فإنّها تُغيّرُ بِنْيَةَ الفِلزّ الأصليّ وتجعلُه أمتنَ وأعسَرَ على الثّني.

في السبيكة، تحولُ ذرّاتُ أحد الفِلزّين دون انزلاق ذرّات الآخر.

مَكُّوكُ الفضاء هذا مَصنوعٌ من سبيكةِ تيتانيُوميّة.

التَّخليقُ والتَّفكيك

كثيرًا ما يُركِّبُ الكيماويُّون جُزيئاتٍ أكبَر، وأكثرَ إفادةً، من جُزيئاتٍ صغيرة؛ ويُعرفُ هذا بالتخليق. لكنّهم أحيانًا يجدون ضرورةً لفعل عكس ذلك - فيحلّلون جُزيئاتٍ كبيرةً إلى جُزيئاتٍ صغيرة؛ ويُعرفُ هذا بالتفكيك.

الكلُور غازٌ أخضرُ اللون سامّ.

الصوديُوم فلزٌّ فِضّيٌّ رَماديّ شديد التفاعُليّة.

يتّحدُ الصوديوم مع الكلور فيُنْتِجان كلوريدَ الصوديوم، أي مِلْحَ الطعام.

مُرَكَّباتٌ مُختلفةٌ من العناصر نفسِها

يُنتِجُ النُّحاسُ والأُكسجينُ مُرَكَّبَين مُختلفَين: أُكسيدَ النُّحاس (I)، وهو مسحوقٌ أحمرُ بُنّيٌّ يتألّف بنسبة جُزيئين من النُّحاس إلى جزءٍ واحدٍ من الأُكسجين، وأُكسيدَ النُّحاس (II) الذي يتألّف بنسبة جزءٍ واحدٍ من النُّحاس إلى جزءٍ واحدٍ من الأُكسجين ولونه أسودُ رَماديّ.

أُكسيد النُّحاس (I) (نح٢ أ)

أُكسيد النُّحاس (II) (نح أ)

تكوينُ المُرَكَّب

تَختلفُ المُركَّباتُ اختلافًا جَذريًّا عن العناصر التي تؤلّفُها. فمِلْحُ الطعام، المعروف الخصائص، مُرَكَّبٌ من الصوديوم والكلور - علمًا أنّ الصوديوم فلِزٌّ خطِرُ التفاعُليّة مع الهواء والماء (لذا يُحفَظُ في الزّيت)، والكلُور غازٌ أخضرُ اللونِ شديدُ التفاعُليّة وسامٌّ إذا استُنشِقَ بكمّيّاتٍ كبيرة. لكنْ عندما تتّحدُ ذرّاتُ الصُّوديُوم مع ذرّات الكلُور تفقدُ خصائصَها الخَطِرةَ والسُّمّيّة - مُكوِّنةً مُركّبًا جديدًا هو كلوريد الصوديوم أي ملحُ الطعام المألوف.

إلكتروناتُ الانتِقال

تتألّفُ الذرّةُ من نواةٍ يدورُ حولَها عددٌ من الإلكترونات في مُستَوياتٍ أو غِلافاتٍ مُتباينة؛ وتكونُ الذرّةُ أكثرَ استِقرارًا إذا احتوى غلافُها الخارجيّ ثمانيةَ إلكترونات، وتكونُ مُتفاعِلةً وربما خطِرةً بأقلّ من ذلك. ففي اتّحاد الصوديوم والكلور تُغيّرُ إلكتروناتُ الانتقال مواقِعَها ليُصبحَ الغِلافُ الخارجيُّ لكُلّ ذرّةٍ من الصوديوم والكلور مُستقِرًّا. والمركّبُ الناتج عن هذا الاتّحاد هو مِلْحُ الطعام المستقِرّ واللامُتفاعِل.

تتخلّى ذرّةُ الصوديوم عن إلكترونٍ واحدٍ لذرّة الكلور، فتُصبح في الغِلاف الخارجيّ لكُلٍّ منهما ثمانيةُ إلكترونات.

ذرّة كلور — إلكترون — ذرّة صوديوم

النَّقاوة

الموادُّ النَّقيّةُ كيماويًّا تحوي نوعًا واحدًا من الذرّات أو الجُزيئات فقط. فالذهبُ النقيُّ يتألّف من ذرّاتِ الذهب ولا شيءَ سواه. وتُوصفُ بعض المشروبات أحيانًا بأنّها «عصيرٌ نقيّ» - بمعنى أنّها لا تحوي أيَّ موادَّ اصطناعيّة. لكنّ الكيميائيّ لا يعتبر العصيرَ مادّةً نقيّة، بل خليطٌ من مُركّباتٍ متعدّدةٍ كالماء والسُّكّر. فالمزيجاتُ على العموم ليستْ نقيّةً، بخلاف المركّباتِ التي تحوي نوعًا واحدًا من الجُزيئات.

رغم أنّ عصيرَ البرتقال الطازَج لا يحوي أيَّ إضافات، فالكيميائيُّ لا يصِفُه بالنّقاوة - لأنّه يحوي أكثرَ من نوعٍ واحدٍ من الجُزيئات.

فقط الذهبُ عيارُ ٢٤ قيراطًا هو ذهبٌ نقيّ. أمّا الأقلُّ من ذلك، فمزيجٌ من الذهب وفلزّاتٍ أُخرى رَخيصة.

الذهبُ عيار ٩ قراريط يحوي ٣٧٪ ذهبًا فقط.

٢٤ قيراطًا

٢٢ قيراطًا

١٨ قيراطًا

١٤ قيراطًا

خاتَمٌ ذهبيٌّ عيار ٩ قراريط

لمزيدٍ من المعلومات انظر

المحاليل

يبدو ماءُ البحر صَافيًا، لكِنَّه يحوي الكثير من الموادّ كالأملاح وغازات الهواء وسِواها مُذابةً فيه؛ فهو مَثَلٌ على المحاليل التي هي مزيجاتٌ من نوع خاصّ تمتزج فيه الجُزيئات المختلفة بالتساوي. وتُحضَّرُ المحاليلُ عادةً بإذَابة جامدٍ في سائل، كإذَابة السُّكَّر في الشاي؛ فالسُّكَّر يُدعى المُذَاب والشاي يُدعى المُذِيب. وهناك أنواعٌ أخرى من المحاليل تكون فيها الجوامدُ والسَّوائلُ والغازات مُذابات أو مُذِيبات. المحاليل المُرَكَّزة تحوي كميَّاتٍ كبيرةً من المُذاب في مِقدارٍ مُعَيَّن من المُذيب. فَرُبُّ البرتقالِ، مثلًا، هو محلولٌ مُرَكَّزٌ نشربُه مُخَفَّفًا بإضافةِ الماء.

أنْبوبُ غِراء

جُزَيءُ المُذيب

جُزَيءُ اللَّصُوق

عندما يجفُّ الغِراء يتبخَّرُ المُذيبُ تاركًا الجُزَيئاتِ المتفاعلة اللَّصوقةَ لتُلْزِق وتَلْزَق.

شرابُ الفاكهة الأزّازُ هو محلولٌ من عصير الفاكهة والسُّكَّر وثاني أُكسيد الكربون.

مُذيباتٌ مُخْتَلفة

بعضُ الموادّ لا تذوبُ في الماء. فبعضُ أنواع الغِراء، مثلًا، تستلزِم مُذيباتٍ خاصّةً (تُدعى مُذيباتٍ عُضْويَّةً) كالأسيتون، لإذابتها. فعندما يجفّ الغِراء، يتبخَّرُ المُذيب تاركًا وراءه جامدًا لَصُوقًا يُلزِقُ السَّطحين معًا.

مَحاليلُ لا سائليّة

الهواءُ مَحلولٌ غازيٌّ يحوي الأُكسجينَ وغازاتٍ أخرى مُذَابةً في النتروجين. وتُصنع السُّفنُ من سَبائك هي محاليلُ جامدةٌ من فلزٍّ مُذَابٍ في فلزٍّ آخر.

الجُزَيئاتُ المُتَجاذِبَة

تعتمِدُ ذَوَبيَّةُ مادَّةٍ مَا على مَدَى التجاذب بين جُزَيئات المُذاب وجُزَيئات المُذيب. فالماءُ مُذيبٌ جيِّدٌ لأنَّ جُزَيئه ذو شِحْنةٍ كهربائيَّة ضئيلةٍ تُمكِّنه من تكوين روابط ضعيفة مع جُسَيمات مَشْحُونةٍ أخرى. بعض المركَّبات، كالأملاح، تنحَلُّ في الماء إلى نوعَيْن من الجُسَيمات المشحونة، تُسمَّى أيُوناتٍ، أحدُهما مُوجِبُ الشّحْنَة والآخر سَالبُ الشّحْنَة. وهذه الأيُونات يمكنُها أن تشكّل روابطَ ضعيفةً مع جُزَيئات الماء.

يذوبُ الهواءُ الذي يستنشقُهُ الغطَّاسون في الدّم مُكَوِّنًا محلولًا. فإذا صعِد الغطَّاس فجأةً إلى سطح الماء، ينطلقُ الهواء من المحلول مُكَوِّنًا فقاقيعَ هوائيّةً في الدّم، وهذه حالةٌ خطِرةٌ تُعرفُ بالتَّحنّي.



يَنْجذبُ أيُونٌ مُوجبُ الشّحْنة إلى طَرَف جُزَيء الماء السّالب.

جُزَيء الماء

جُزَيءُ الماء

تمتزج الجُسَيماتُ المُذابةُ مع جُزَيئات الماء.

تستخدمُ الأسماكُ الكمّيات القليلةَ من الأكسجين المُذابة في الماءِ لتعيش. إنّ الغازاتِ المُذابةَ في السّوائل، على عكس الجوامد، تنطلقُ منها عند الإحماء؛ لذا لا تستطيع الأسماكُ العيشَ في المياه المُفْرطَة الدِّفء.



المحاليلُ المُشْبَعة

يحوي البحر الميتُ في فلسطين، كمّياتٍ كبيرةً من الملح. وكلما زاد التبخُّرُ لِشِدَّة الحَرّ، تتناقصُ كمّيَّةُ الماء فيما تبقى كميّاتُ الملح على حالها، فترسّبُ بِلّوراتٍ جامدةً لعدم وُجود مُتّسَعٍ لِكُلِّ الملح المُذاب. عندما لا تعودُ المحاليلُ تَسَعُ لمزيدٍ من المُذاب تكون قد أصبحتْ مُشْبَعةً.



المُذيبُ العام

إكْتشفَ الخيميائيون، من خلال تجاربهم، طُرُقًا لتَنْقية الفلِزّات بتَذْويبها في بعض المُذيبات. وهم جهَدُوا، عبثًا، في البحث عن «مُذيب عام» يُذيب كُلَّ شيء. ولو نجحوا، تُرى أين كانوا سيَضعُونه؟

جوامد غير ذَوُوبة

الموادُّ التي تذوبُ في الماء، كبعض الأملاح، تُدعى موادَّ ذَوُوبة أو ذَوّابة فيه؛ بينما غيرُ الذوّابة، كالرَّمْل والزَّيْت، لا تذوب في الماء. وذلك لأنّ الماء لا يمكِنُه التّغلُّب على القُوى التي تربط جُزَيئات الرَّمْل أو الزَّيْت بعضها ببعض. فهذه الجُزَيئات تُؤثِرُ البقاءَ مُترابطةً فيما بينها على الانفصال عن بعضها والامتزاج مع جُزَيئات الماء.

لمزيدٍ من المعلومات انظُر

فَصْلُ المَزيجات

يَسْتَخدِمُ الكيماويون أساليبَ تِقَنيَّةً مُختلِفةً لِفَصْل المَزيجات، كالترشيح والتقطير والفَرْزِ بالطرد المركزي وغيرها. ويعتمدُ الأسلوبُ المُستخدَمُ على نوع المزيج وعلى خصائص الموادّ التي يتألّفُ منها. وفي المَنازِل تُستخدَمُ مِصفاةٌ لِترشيح أوراق الشاي؛ وإذا كانت أوراقُ الشاي من الحجم الكبير، فيُمكِنُ تَرْكُها لتستقِرَّ في قاع الكُوب قبلَ أن يُشربَ الشاي. ويُعرَف هذا النوعُ من فَصْل المزيجات بالترويق والتصفيق.



التَّصفِيق

الباحِثونَ عن الذّهب في مجاري الأنهار الضّحلة، يَستخدِمون أوعيةً مُسطَّحةً واسعةً لِغَرْف خليطٍ من الرَّمْل والحصى وماءِ النهر. ثُمّ يُدَوِّمونَ الخليطَ في الوعاء، فتستقِرُّ في قعرِه جُسَيماتُ الذّهب الثقيلة - إنْ وُجِدَت، ويُصفِّقُ السّائلُ الموحِلَ غيرَ المرغوب فيه بإمالةِ الوعاءِ بعنايةٍ. ففي طريقة التّصفيق هذه تُفْصَلُ الموادُّ المُختلفةُ الكثافةِ كما تصفَّقُ القِشْدةُ الطافيةُ (الأقلّ كثافةً) من الحليب.

المادّةُ المُراد بقاؤها جافّةً

جلُ السّليكا

التَّجْفيف

للحفاظِ على جفافيةِ الموادِّ في مُختبره، يحفظُها الكيميائيُّ في مِجفاف (وعاء تجفيف). والمِجفافُ المُحكَمُ السَّدِّ يحوي مادةً ماصّةً للرُّطوبة، كجَلِّ السِّليكا، تَمتَصُّ الرُّطوبةَ من الهواء. وكثيرًا ما تُوضَعُ رِزَمٌ صغيرةٌ من جَلِّ السِّليكا في مَحافظ الكاميرات لحماية عدَسةِ الكاميرا من الرُّطوبة. إنَّ عمليّةَ التجفيف هذه هي، بمُختلِف أشكالها، وسيلةٌ بسيطةٌ لإزالة الماء من الجوامد.

الماء ومُذاباتُه فقط تَمُرُّ عَبْرَ مَسام ورقة الترشيح - بينما تحتجزُ جُسيماتُ البُنّ الكبيرة.

جُسيمُ البُنّ المطحون

جُسيم الماء

التَّرشيح

يُستخدمُ ورقُ الترشيح في غَلّايةِ القهوة لِفَصْل مسحوق البُنّ المُحمَّص عن سائل القهوة. فعندما يَمُرُّ بُخارُ الماء فوق مسحوق البُنّ، تذوبُ خلاصةُ القهوة في الماء المُتكاثِف وتعبُرُ مَسامَ ورقة الترشيح. أمّا دقائق البُنّ الغليظة فتظلُّ مكانها فوق ورقة الترشيح، لأنها أكبرُ من أن تَعبُرَ المَسامَ المُرشِّحة. تُفصَلُ مُقوّماتُ المزيج بطريقة الترشيح إذا كانت حجومُ جُسَيماتها مُتباينةَ القَدِّ جدًّا - الدقيقةُ منها تَرْشَحُ، والكبيرةُ تُحتجَز.

نابِذةٌ (فَرّازة طارديّة)

بالتّدويم السريع تهبطُ الجُسيماتُ الثقيلةُ إلى قعر الأنبوب.

الطَّرْدُ المَرْكَزيّ

تَفرُزُ النابِذةُ، كما المُجفِّفةُ التدويميّةُ، مزيجاتِ السوائل والجوامد بتدويمها بِسُرعة عالية. فتهبطُ الموادُّ الثقيلة مُبتعدةً إلى القعر، وتَعلوها الموادُّ الأقلُّ كثافةً. ويتمُّ فَرْزُ الدّمِ في أنابيب الاختبار بهذه الطريقة لِفَصْل خلايا الدم الثّقيلة عن سائل البلازما الأخفّ.

التَّقْطير

يتحَوّلُ ماءُ البحر بالإغلاء إلى بُخار. وإذا بُرِّدَ البُخارُ يتكثّف إلى ماءٍ نَقِيّ. هذه الطريقةُ المُستخدَمةُ في فَصْل المزيجات تُعرف بالتقطير، وتُستخدمُ خاصّةً للحصول على الجُزْء السائليّ من المزيج. كما تُستخدَمُ أيضًا في فَصْل مزيجٍ من السّوائل المتفاوتةِ درجة الغليان، وتعرف عندئذٍ بالتقطير التّجزيئي أو التّفاضُليّ. فالسائلُ ذو درجة الغليان الأخفض يتقطّر أوّلًا، وذو درجة الغليان الأعلى يتقطّر أخيرًا.



تجفيف المحاصيل بالتّشميس

التّبخُّر والتّبخير

يمكِنُ تجفيفُ العِنَب بالتّشميس، فتُحوّلُ حرارةُ الشّمس الماءَ في العِنَب، مثلًا، إلى بُخارٍ يتسرّبُ إلى الهواء - تاركًا وراءَهُ الزّبيبَ المُغضَّن. التبخير (أو التبخُّر) وسيلةٌ لإزالةِ السّوائل بالحرارة. إنّ تجفيفَ الشَّعرِ هو مَثَلٌ آخرُ على هذه الوسيلة.

لمزيدٍ من المعلومات انْظر

تغيُّراتُ الحالة ص ٢٠
خصائصُ المادّة ص ٢٢
المركّبات والمزيجات ص ٥٨
المحاليل ص ٦٠
التحليل الكيماوي ص ٦٣
مُنتجاتُ النّفط ص ٩٨
الحَرَكةُ الدائريّةُ ص ١٢٥

التَّحْليلُ الكيماويّ

يَعْملُ الكيميائيون أحيانًا كَشُرطة التَّحري في بحثهم عن دلالات تنِمُّ عن ماهيَّةِ المادّة الحقيقية. فكيميائيُّ التَّغذية، مثلًا، يُجري اختباراته للتحقُّق من سلامة الأغذية وخُلُوِّها من السُّموم أو البكتريا. ويَفْحصُ كيماويُّ التحاليل الطبِّيَّة سوائلَ الجِسْم كالدَّم والبَوْل لاكتشاف طبيعة المرض أو مُسبِّباته. وكيميائيُّ البيئة يُحدِّدُ سلامةَ البيئة بفَحْص عيِّناتٍ من الهواء والماء والتُّربة دوريًّا، ويُسجِّل مُسْتويات التلوُّث. وفي متناوَل العُلماء اليوم وسَائلُ تقنيَّة عديدة ومتنوعة لتحليل الموادّ وتحديد مُكوِّناتها. فالتحليل النّوعي يُحدِّدُ مُكوِّنات المادةِ نوعًا (ماهيَّةً)، بينما يُحدِّدُ التحليل الكمِّي هذه المكوِّنات كمًّا (وزْنًا).



محلولٌ مُحدَّدُ التركيز

محلولُ الاختبار العديمُ اللون يصبح أحمرَ ورديًّا عندما يكتمِلُ التفاعُل

الاسْتِشْرابُ الغازيّ

يَستخدمُ الكيميائيون أحيانًا أساليبَ الاسْتِشْراب الغازيّ لفَصْل مزيجٍ من الغازات، فيجعلون المزيج يَسْري عبْر جامد مُعيَّن حيث تُمتَزُّ بعضُ أجزاء المزيج الغازي بقوة أكثر من سواها، فتَنْفَصِلُ عن مُكوِّنات المزيج الأخرى.

يظَلُّ الصِّبْغُ الأزرق قريبًا من مركز الورقة لأنّ انجذابه إلى الورقة أكثَرُ من سواه.

يَسْري الصِّبْغُ الأصفر نحو أطْراف الورقة لأنّ انجذابَه للماء أكثَرُ من سواه.

يَحتاجُ العلماءُ إلى موازينَ حسّاسة لتحديد وزنِ الموادّ التي يستخدمونها في المختبر بدِقَّة. هذا النوع من التحليل هو تحليل كَمّي.

المُعايرة

يَستخدمُ الكيميائيون المُعايَرةَ بالتحليل الحَجْميّ لقياس تركيز المحاليل، فيجعلون المحلول يتفاعَل مع مادّة كيماويَّة أخرى مُحدَّدةِ التركيز؛ وعندما يحصل تغيُّر في اللَّوْن، يكون المحلول قد تفاعَل بكامله. وبحساب كمِّيَّة المادّة المتفاعلة من المحلول العياري يمكنُ احتسابُ تركيز المحلول المُختبَر.





لِكُلِّ فَرْدٍ جانبيَّة د ن أ فريدة وتختصُّ به وحده.

عُلوم الطب الشّرعيّ

يَستخدمُ عُلماءُ الطب الشّرعيّ تجاربَ عديدةً لحَلّ أسرار الجرائم. من هذه التجارب، مثلًا، تجربةٌ جديدة تُعرف ببيمائيّة د ن أ. تُستخدمُ في كشف الفاعل من بين المُشتبَه بهم بفحص لُطْخَة من دمه أو بعض الخلايا من جلده، كتلك المتواجدة في جذور الشَّعْر. وتعتمدُ هذه الطريقةُ على الاسْتِشْراد، المماثلة للاسْتِشْراب، لكنّها تستخدمُ مجالًا كهربائيًّا، حيثُ تُفْصَلُ المادّة الوراثيّة عن بقيّة أجزاء العيِّنة. وبما أن صيغة د ن أ في هذه المادّة فريدة للشخص دونَ سواه، تمامًا كبَصَمات الأصابع، لذا تُستخدمُ في التّعرُّف على الفاعل. وهذا يبرزُ تسمية هذه الوسيلة أحيانًا ببَصَمات الأصابع الوراثيّة.

الاسْتِشْراب

الحِبْرُ الأسود هو في الغالب مزيجٌ من أصباغٍ مختلفة. فعندما تضَعُ نقطةً منه على ورقة ترشيح ثمّ تُضيفُ قليلًا من الماء، تنتشرُ بُقعةُ الحِبْر على شكل حَلَقات مختلفة الألوان، كُلُّ حلقة تحوي صِبْغًا مختلفًا. وتنفصِلُ الأصباغُ لأنّ بعضَها يلتصق بالورقة فيظَلُّ قريبًا من المركز، بينما يبقى البعضُ الآخر ذائبًا في الماء وينتشِرُ بعيدًا عن المركز. وتُعرفُ هذه التّقْنيّةُ بالاسْتِشْراب. ويَستخدمُ الكيماويون طريقةَ الاسْتِشْراب في اخْتبارِ نقاوة المواد، كما يَسْتخدمُها الأطباء في تحليل عيِّنات البَوْل للكَشْف عن أثَرٍ من السُّكّر (من علاماتِ داء السُّكّري).

الاخْتبارُ الإتْلافيّ

أحقيقيٌّ هذا الذّهبُ أم زائف؟ ذهبُ المُغفَّلين مُركّبٌ كيماويٌّ من الحديد والكِبريت يُشبه الذهبَ. ولاختبار عيِّنة منه، يمكنُ للكيميائي أن يزنها (فالذهبُ الزائف، ذهب المُغفَّلين، أخفُّ من الذهب)، أو أن يُضيفَ إليها حامضًا (يذوب ذهب المُغفَّلين في الحامض)، أو أن يَجُرَّها فوق بَلاطةٍ بيضاء (حيث يترك الذهب الزائف حَزًّا أسود). إنّ اختباريِ الحامض والبَلاطة البيضاء يُتلِفان العيِّنة، فهما من الاختبارات الإتْلافيّة. أمّا اختبارُ الوزن فهو لاإتْلافيٌّ فيُبقي العيِّنة سليمة.

الذّهب الزائف (ذهبُ المُغفَّلين)

يترُكُ الذّهبُ الزائف أثرًا أسود عندما يُجَرُّ فوق بَلاطةٍ بيضاء؛ بينما لا يترُكُ الذهبُ الحقيقيُّ أيَّ علامة.

فرانْسِيس أَسْتُون



بدأ فرانْسِيس أَسْتون (١٨٧٧-١٩٤٥)، الكيميائيُّ الإنكليزيُّ عملَه كمساعِدٍ لِـ ج.ج. طومسون في مختبر كافِنْدش، بجامعة كيمبرِدْج، حيث دَرَس الأَشِعَّة الموجبة الشَّحنة، واخترع المِطْياف الكُتْلي عام ١٩١٩؛ فتسنَّى له به اكتشاف العديد من النظائر الجديدة، ونال بذلك جائزة نُوبل للكيمياء عام ١٩٢٢.

المِطْيافُ الكُتْلي

كُتَلُ الذرّات صغيرةٌ جدًّا بحيث يصعب قياسُها، لكنْ يمكِنُ مقارنتُها بواسطة المِطْياف الكُتْليّ. يَفْرِزُ المِطْيافُ ذرّاتِ العيِّنة بحَسَب كُتَلِها، ويُبيِّن المقاديرَ المُتواجدةَ من كُلِّ نوعٍ منها. ويتمُّ ذلك بتحويل الذرّات إلى أيُونات ثُمَّ بجَعْلها تنحرف في مجالٍ مغْنَطيسيّ. الأيُونات الثقيلةُ تنحرف أكثرَ من الأيُونات الخفيفة، وبذلك تُفْرَزُ الأيُونات ويمكِنُ تعيينُ طبيعةِ كُلٍّ منها.



طَيْفُ الانْبِعاثات الذرّي لِعُنصر الهِلْيُوم

طَيْفُ الانْبِعاثِ الذرّيّ

الضوءُ المنبَعِثُ من الذرّة خلال اختبار اللَّهب ما هو إلّا جزءٌ بيِّنٌ من كُلٍّ خفيّ. فالذرَّة، في الواقع، تَبْعثُ طيفًا من الأضواء المختلفة الألوان عند إحمائها، بعضُها فقط مَرْئيٌّ لنا. أمّا الترَدُّدات الضَّوئيَّة الأخرى، فيمكِنُ الْتِقاطُها ورؤيتها، بواسطة المطياف، كطيف انْبِعاثٍ ذرّيّ. وهذا الطيفُ هو كبَصْمةِ الإصبع بالنسبة للذرّة، لأنّ لِكُلِّ عُنصرٍ طَيْفَهُ الفريدَ المميَّز.



تحترق مركّبات الصوديوم بلَهَبٍ بُرتقاليّ.



تحترق مركّبات الرصاص بلَهَب أزرق.



تحترق مركّبات النحاس بلَهَب أزرقَ مائلٍ إلى الخُضرة

تحترق مركّبات الباريوم بلَهَب بُنّي مائل إلى الخُضرة.



تحترق مركّبات البوتاسيوم بلَهَب لَيلكيّ.

تحترق مركّبات الليثيوم بلَهَب أحمر.

كيميائيٌّ بيئيّ يختبرُ نقاوة ماء النّهر.

اِخْتِباراتُ اللَّهَب

عند إحماءِ مُركَّبٍ فلزّيّ في لَهَب مّا، يحترقُ مُكسِبًا اللَّهَب لونًا مُعيَّنًا. ويحدث ذلك لأنّ حرارة اللهب تُدَوِّمُ إلكترونات الذرّات بسُرعةٍ فتبعثُ الضوء. والفلزّات المختلفةُ تُلَوِّنُ اللهبَ بألوانٍ مُختلفةٍ مُمَيَّزة يمكِنُ بها تعرُّف الفلزّ ومُركّباته. فمُركّبات النحاس، مثلًا، تكسِبُ اللَّهَب دومًا لونًا أزرق مائلًا إلى الخُضرة. وهذه الألوانُ المُمَيَّزة لمركّبات الفلزّات هي قِوامُ الألوانِ الجميلة في الأسْهُم الناريّة.

تحليل أسباب وفاة نابليون



حَلَّلَ الكيماويون عيِّناتٍ من شَعْر نابليون بونابرت (١٧٦٩-١٨٢١)، الإمبراطور الفرنسي، بعد وفاته، فوجدوا فيها كمّيّاتٍ ضئيلةً من الزّرنيخ، فاشْتُبِه بأنّه مات مَسمومًا. لكنْ تمّ مُؤخرًا اكتشافُ مستوياتٍ عالية من الزرنيخ في صباغات ورقِ جُدرانِ مَخْبَئِه، فلعلّ الرُّطوبةَ والعفَن أسهَما في تحويل ذلك الزرنيخ إلى غازٍ قاتِل.

فَحْصُ المياه

يَستخدِمُ عُلماءُ البيئة التحليلَ الكيماويّ لِفَحْص نوعيّة المياه وسَلامتها. فمياهُ الأنهار قد تكون مُلَوَّثة بالأسمدة والمُنظّفات والأوساخ ومياه المجارير والمطر الحَمْضيّ. وبمقدور العالِم اسْتخدامُ أساليب المُعايَرة، مثلًا، لإيجاد كُتْلة المادّة المُذابة في عيِّنةٍ من الماء.

لمزيد من المعلومات انْظُر

البِنْيَة الذرّيّة ص ٢٤
المركّبات والمزيجات ص ٥٨
فَصْلُ المزيجات ص ٦١
مَصادرُ الضوء ص ١٩٣
الوراثيّات ص ٣٦٤
حقائقُ ومعلومات ص ٤٠٤



الأكْسَدَةُ والاخْتِزال

لَو أنَّ الرُّوادَ الذين نزلوا على سطح القمر أرادوا إشْعالَ نارٍ على سطحه لما استطاعوا. فالاحتراق هو تفاعُل أكسَدَة - تتّحدُ فيه المادّةُ مع الأكسجين؛ ولا أُكسِجينَ في جَوِّ القمر. أمّا في جوِّ الأرض، فالكثيرُ من التفاعُلات الكيماويّة المهمّة التي تحصل كُل يوم تتضمّنُ تفاعُلاتِ أكسَدَة - كاحتراق الموادّ وصدأ الفِلِزّات وحتّى في عمليّة التَّنَفُّس. فالطعامُ الذي نأكله يتحَوَّلُ إلى طاقة بالاتِّحاد مع الأكسجين الذي نستَنْشقُه. ويُقَالُ عن جميع الموادّ التي تتّحدُ مع الأكسجين أو التي تَفْقُدُ الهدروجين بأنّها تأكْسَدَت. كما إنَّ عمليّة فَقدِ الأكسجين أو كَسْبِ الهدروجين تسمّى اخْتِزالًا. والواقع أنّ عمليتي الأكسَدَة (الاختزال والأكسدة) تحدُثان مترافقتين - فعندما تكسِبُ إحدى مادتي التفاعُل الأكسجينَ تكونُ الأُخرى قد فقَدَتْه.

عندما يحترقُ شيءٌ فإنّه يتّحدُ مع أكسجين الهواء. فالاحتراق هو تفاعُل أكْسَدَة.

هذا الجُزَيءُ عامِلٌ مُؤكْسِد، لأنّه يُعطي الأكسجين إلى جُزَيءٍ آخر.

هذا الجُزَيء عامِلٌ مُخْتَزِل، لأنّه يُعطي الهدروجين إلى جُزَيء آخر.

ذرّة أكسجين

ذرّة هدروجين

الاخْتِزال

تُختَزَلُ المادّةُ عندما تفقِدُ الأكسجينَ أو تكسِبُ الهدروجين في تفاعُل كيماويّ. وتُسمّى المادةُ المُسبِّبةُ، آخِذةُ الأكسجين أو مُعطيةُ الهدروجين، عامِلًا مُختَزِلًا. مثالُ ذلك أوّلُ أكسيد الكربون المُنفلِتُ من عوادم السيّارات، والمُتلهِّفُ دومًا الاتحادَ مع الأكسجين ليكوّن ثاني أكسيد الكربون.

الأكْسَدَة

تتأكسَدُ المادة في تفاعلٍ كيماوي، عندما تكسِبُ الأكسجين أو تفقد الهدروجين. العواملُ المؤكسِدةُ موادُّ تعطي الأكسجين للموادّ الأُخرى أو تأخذ الهدروجين منها. ومن أمثلتها المألوفة الهواءُ ومادةُ التقصير - فكلاهما كثيرُ المحتوى الأكسجيني.

هذا الجُزَيءُ تأكسَد باكتسابه ذرّة أكسجين.

هذا الجُزيءُ اختُزِل باكتسابه ذرّة هدروجين.



أكْسَدَةُ الزّخرفة في الأفران

يُزيِّنُ الخزّافون فخارياتِهم بمادة تزجيج تحوي فلِزًّا كالحديد مثلًا. وعندما يُشْوَى الوِعاءُ الفخاريُّ في فرن، بوَفرة من الأكسجين، يتأكسَدُ الحديدُ ليُكوِّن أكسيد الحديديك، ح ٢ أ ٣، الأحمرَ اللّون. أمّا إذا شُوِيَ الوِعاءُ في فرنٍ دون وَفرةٍ من الأكسجين، فالحديد يتأكسد مُكوِّنًا أكسيدَ الحديد، ح أ، الأسودَ اللّون.

التّأكُّلُ بالصَّدَأ

يَصْدأُ الحديدُ أو الفولاذ إذا ما تَعرَّضَ للهواء والرُّطوبة. والصَّدأ مِثالٌ على تفاعُلِ أكسدةٍ هدّام. فعندما يتأكسد الحديد يُكوِّن طبقةً سطحيةً من أكسيد الحديد (الصَّدأ)، يظَلُّ يخترقها أكسجينُ الهواء ليَبْلغَ الطبقاتِ الداخليّة؛ وسُرعانَ ما يأخذ الصدأ سبيله إلى كامل الفِلِزّ فيُتلِفُه. ولِمَنْع هذا التفاعُل المُدمِّر، تُطلَى السطوحُ الفولاذيّة، كهياكلِ السُّفن، بالدِّهان الواقي الذي يمنع وصولَ أكسجين الهواء إليها.

نَظَريّة اللاهوب (الفلُوجستون)

مُراقبةُ اللّهَب المُتصاعد من احتراق الخشب أوحَت إلى الطبيب الألماني، جورج شتال (١٦٦٠-١٧٣٤) فِكرةَ أنّ كُلَّ ما يحترقُ إنّما يبتعِثُ مُحتواه من اللاهوب. لكنّ أنطوان لافوازييه (١٧٤٣-١٧٩٤)، الكيميائي الفرنسي، خطَّأ هذه النظريّة ودحَضها حين برهَن أنّ كُلّ ما يحترق إنّما يتّحدُ مع أكسجين الهواء.



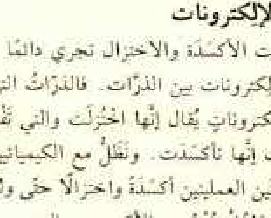
الأكاسيد

تتّحدُ اللافِلِزّاتُ مع الأكسجين لتكوِّنَ أكاسيدَ، ومَحاليلُ هذه الأكاسيد في الماء حامضيّةٌ. فأكاسيد النتروجين وثاني أكسيد الكبريت، مثلًا، هي أكاسيدُ لافِلِزّيّةٌ تبتعِثُها مَحطاتُ القُدرة الكهربائيّة في الجوّ. وعندما تذوبُ هذه في الهواء الرّطب تَسقُطُ مطرًا حَمْضيًّا يُلحِق الضّررَ بالأشجار والبُحيرات والأبنِيَة. لِذا يحاولُ المسؤولون عن مَحطات القُدرة معالجةَ المُبتعثات منها قبل انطلاقها إلى الجوّ. هذا وتتّحد الفلِزّاتُ مع الأكسجين لتكوِّنَ أكاسيد قاعديّة - مَحاليلُها في الماء قِلويّة.



إنْتِقالُ الإلِكترونات

في عمليات الأكسَدَة والاختزال تجري دائمًا مُناقَلةُ الإلِكترونات بين الذرّات. فالذرّاتُ التي تكسِبُ إلكتروناتٍ يُقال إنّها اختُزِلَت والتي تَفقِدُ إلكترونات إنّها تأكسَدَت. ونَظَلُّ مع الكيميائيين نُسمّي هاتَين العمليتين أكسَدَةً واختزالًا حتّى ولو لم يتضمّنِ التفاعُلُ عُنصُري الأكسجين والهدروجين.





الكترون

هذه ذرّة تتأكسد

وهذه ذرّة تُختَزَل



البارود

مَسحوقُ البارود مَزيجٌ مُتفجِّرٌ من نِترات البوتاسيوم (٧٥٪) والكِبريت (١٠٪) والكربون (١٥٪). ولا يُعرفُ على وَجه الدقةِ مَن اخترع البارود ولا متى، ولكنَّ الثابت أنَّ الصِّينيين استَخدموه قبل القرن السابع ق.م. وأخذه العربُ عنهم ونقلوه إلى أوروبا. إنَّ اشْتِعالَ البارود هو تفاعُل أكسَدةٍ تفجُّريٌ، لكن، بخلاف الموادِّ الأُخرى التي تحترق بأكسجين الهواء، فإن البارودَ يستمدُّ أكسجين احتراقه من نترات البوتاسيوم - الذي تدلُّ صيغةُ تركيبه بون أم على وَفْرة محتواه الأكسجينيّ.

تَصْنيعُ المَرجَرين

يُصنَعُ زُبدُ المرجرينُ الجامدُ من الزيوت النباتيّة السّائلة (كزيت دَوّار الشّمس) باتحادِها مع الهدروجين. وتُدعى هذه العمليّةُ بالهَدرَجة وهي مِثالٌ عَمَليٌّ على تفاعُلات الاختِزال. ويمكِنُ التَحكُّم في قِوامِ المرجرين طراوةً أو صَلابةً، حسبَ الطَّلب، بإنقاص أو زيادة كمّيّة الهدروجين المتفاعِلة مع تلك الزيوت.

مُضادّاتُ التّأكسد

يَفْسُدُ الطعامُ إذا ما تفاعَل مع أكسجين الهواء. ولِمَنْعِ ذلك، تُضافُ كيماويّاتٌ مُضادّةٌ للتأكسد إلى الطعام خلالَ تصنيعِه. وهذه الكيماويّاتُ تُوقِفُ تأكسُدَ الطعام بتأكسُدها هي فيبقى الطعام سليمًا. وغالبًا ما توجدُ مضادّاتُ التأكسُد هذه بخاصّة في الأغذية الدهنيّة كالزيوت النباتيّة لأنّها سَريعةُ التأكسُد.

الاحتِراق

في المُحرِّكِ الداخليّ الاحتراق، يَحترِقُ البِنزينُ مُطلِقًا الطاقةَ اللّازمةَ لِتحريكِ السّيّارة. وككُلِّ تفاعُلات الاحْتِراق، فإنَّ احْتِراقَ البِنْزين هو أيضًا تفاعُلُ أكسَدة، وهذا التفاعُل يُطلِقُ الطاقة.

مُكافَحةُ الحريق

إشعالُ النّار يَحتاجُ إلى وَقودٍ وإلى حَرارةٍ لِبَدْءِ الاشتِعال. وحيثُ إنَّ الاحْتِراقَ هو تفاعُلُ أكسَدة، فإنّه يَحتاجُ أيضًا إلى مَدَدٍ كافٍ من الأُكسجين لِيَستَمِرَّ؛ وعندما يتوقَّفُ ذلك الإمدادُ تنطفِئُ النّار. وهكذا يمكِنُ إطفاءُ النّار بإخمادِها بواسطةِ بَطّانيّة، أو بتغْطِيَتِها بالرغاوة الكيماويّة أو بثاني أكسيد الكربون من مِطفأة حَريق.

مُحلِّلةُ النَّفَس

تَستخدمُ شُرطةُ السَّير في بعض البُلدانِ تفاعُلَ أكسَدةٍ لاختِبار الكُحوليّة لدى السّائقين. فعندما يَزْفِرُ أحَدُهم داخلَ مُحلِّلةِ النَّفَس، يتأكسَدُ الكُحولُ (الإيثانول) في زَفيره إلى حامِض الإيثانويك (حامِض الخَلِّيك) مُولِّدًا تيّارًا كهربائيًا. وتُبيِّنُ شِدَّةُ التيّار كمّيّةَ الكُحولِ المتواجِدة في نَفَس السّائق.

نَستَنْشِقُ الأكسجينَ المُنبعِثَ من النَّباتات لأكسَدة الطعام الذي نأكل. وهذا التفاعُلُ يُوفِّرُ لنا الطاقة.

التَّقصير (التبييض)

تحوي سَوائلُ التَّقصير المنزليّة مُؤكسِداتٍ فَعّالةً تستطيع أكسَدةَ الموادِّ المُلوِّنة في الأقمشة وإزالتَها. فموادُّ التَّقصير الحديثة تحوي فوقَ أكسيد الهدروجين هـ٢أ٢ الذي تُبيِّنُ صيغتُه وَفْرةَ الأكسجين فيه.

التَّنفُّسُ والتَّخليقُ الضَّوئيّ

التَّنفُّسُ والتَّخليقُ الضوئيّ: تفاعُلان حيويّان وهُما تفاعُلا أكسَدةٍ واختِزال. فبالتنفُّس يتأكسَدُ الطعامُ الذي نأكُل، فتنطلِقُ الطاقةُ اللّازمة لأجسامنا. والنّباتاتُ تقوم بالتخليق الضوئيّ الذي بواسطته تَختزِلُ ثاني أكسيد الكربون من الهواء لتكوِّن موادَّ سُكّريّةً ونَشويّة.



لمزيد من المعلومات انظر

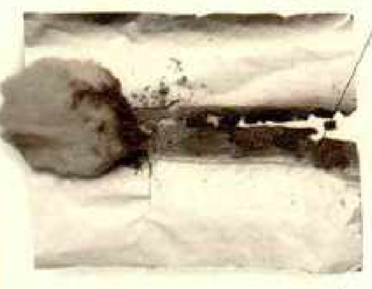
سِلْسِلَةُ التّفاعُليّة

البوتاسيوم فلزٌّ رِخوٌ أبيضُ فِضّي شديد التفاعليّة لا يتواجدُ في الطبيعةِ إلّا مُتّحدًا مع غيره من العناصر. في المُقابِل فإنّ الفِضّة فلزٌّ غير فعّالٍ كيماويًا بحيث يمكِنُ استخدامه بأمان في صناعة أدوات المائدة. وإذا قارنّا شِدّةَ الفاعليّة للفلِزّات الكيماويّة، يمكِنُنا وَضْعُها في جدولٍ تراتُبيٍّ يُسَمّى سِلْسِلَة التفاعُليّة. فالفلِزّاتُ في أعلى هذه السِّلْسلة هي الأشَدّ فاعليّةً، وتلك التي في أسفلها هي الأقلُّ فاعليّةً. وتُساعِدُنا هذه السِّلْسلةُ في تَوَقُّع ما سيحدثُ عند تفاعُلِ الفلِزّات المُختلفة بعضِها مع بعض. فإذا تنافَسَ البوتاسيوم والفِضّةُ، مثلًا، على التفاعُل مع الكلور، فالغَلَبةُ للبوتاسيوم والناتجُ كلوريد البوتاسيوم. وهكذا فالفلِزُّ الأعلى في سِلسَلَة التفاعُليّة له الغَلَبةُ على ما دونه من فلِزّات في أي تفاعُل كيماويّ.

الذَّهَبُ عديمُ التّفاعُليّة

يكتشفُ عُلماءُ الآثار من حينٍ لآخر أشياءَ ذهبيّةً كالحُليّ والأقنعة. واللافتُ في هذه الأشياء أنّها غالبًا ما تحتفِظ برَونَقِها كأنّها صُنِعت حديثًا - رُغْمَ أنّها قد طُمِرَتْ تحت التراب آلافَ السنين. فالذهبُ، بخلاف غيره من الفلِزّات التي كانت تتآكَلُ وتَبْلى، عديمُ التفاعُليّة. لذا تجدُ الذّهَبَ في أسفل سِلْسِلَة التّفاعُليّة.

إذا أُزيلت طبقةُ أكسيد الألومنيوم الواقية عن سطحه، يتفاعل الألومنيوم المُعَرَّض بشدّةٍ مع الهواء.



الغَلْفَنة

يمكِنُ وقايةُ الأشياءِ المصنوعة من الفُولاذ (الذي هو حديدٌ في مُعظمه) من التآكُل بالصّدَأ بتغطيتها بطبقةٍ من فلِزٍّ أكثر منه فاعليّةً، كالخارصين، وهذه الطريقة تُعرَفُ بالغلفنة. إنّه حتى لو خُدِشَتْ طبقةُ الخارصين الواقيةُ، فأكسجين الهواء سيتفاعَلُ مع الخارصين وليس مع الحديد. وتُدعى هذه الوقاية أحيانًا الوقاية الإفتدائيّة لأنّ الخارصين يُضَحّى به لوقاية الحديد.

لمزيد من المعلومات انْظُر

الفلِزّاتُ القِلَويّة ص ٣٤
الفلِزّاتُ الانتِقالية ص ٣٦
المحاليل ص ٦٠
الكَهْرلة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
الحديد والفُولاذ ص ٨٤
النُّحاس ص ٨٦
الألومنيوم ص ٨٧
حقائقُ ومَعلومات ص ٤٠٤

الألومنيوم

الألومنيوم فلِزٌّ غريب، فَرُغْمَ موقعه العالي في سِلْسِلَة التفاعُليّة، تُستخدَمُ أواني الألومنيوم في المطبخ بكثرة. وتعليل ذلك أنّ الألومنيوم يتفاعَلُ مع أكسجين الهواء، مُشكِّلًا طبقةً واقيةً عديمة الفاعليّة من أكسيد الألومنيوم. أمّا إذا أُزيلت تلك الطبقةُ بحَكِّ رقيقةِ ألومنيوم مثلًا، بمادة كيماويّة مثل كلوريد الزئبق، فالألومنيوم المُعَرَّضُ حينئذٍ شديدُ التفاعُليّة.

سِلْسِلَةُ التفاعُليّة

تُبيّنُ سِلْسِلَةُ التفاعلية هذه ترتيبَ تفاعليّة الفلِزّات المختلفة. فالفلِزّات في أعلاها، كالصوديوم والبوتاسيوم، تتفاعَلُ بشدّةٍ مع الهواء، بينما الفلِزّاتُ في أسفلها، كالفِضّة والذّهَب، فلا تتفاعَلُ مع الهواء ولا تتأثّر به. أمّا فلِزّات الوَسَط، كالحديد والخارصين، فتتفاعلُ مع الهواء ببُطءٍ شديد. وتعتمد طريقة استخراجِ الفلِزّ من خاماته على موقعه في سِلْسِلة التفاعُليّة.

البوتاسيوم
الصوديوم
الكالسيوم
المغنسيوم
الألومنيوم
الخارصين
الحديد
الرَّصاص
النُّحاس
الزئبق
الفِضّة
البلاتين
الذّهب

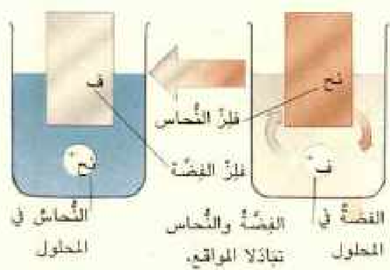
موقِعُ الصوديوم عالٍ في سِلْسِلَةِ التفاعُليّة، لذا فهو يُشكِّلُ مُركّباتٍ مستقِرّة جدًا. فلاستخراج فلِزّ الصوديوم يُلجأ إلى كهرلة كلوريد الصوديوم المُنصهر، وهي طريقةٌ شديدة المفعول لكنّ باهظةُ التكلفة.

يقَعُ النُّحاس في القسم السُّفلي من سلسلة التفاعلية لذا يتطلّبُ طاقةً أقلّ لاستخراجه. فيمكن الحصول على النحاس بإحماء خاماته فقط.

يقَعُ الذّهَبُ في أسفل سِلْسِلة التفاعليّة وهو عديم الفاعلية، لذا يُوجَدُ في الطبيعة نقيًا.

الإزاحة

إذا أسقَطْتَ قطعةَ نُحاسٍ في محلول نِترات الفِضّة، فالفلِزّان (النحاسُ والفِضّة) سيتنافسان على أيونات النِّترات. وحيث إنّ النحاسَ أعلى من الفِضّة في سِلْسِلةِ التفاعُليّة، فبمقدوره «انتزاعُ» أيونات النِّترات من الفِضّة. والنتيجةُ تكَوُّنُ محلولٍ أزرقَ من نترات النحاس وتشَكُّلُ إبَرٍ من فلِزّ الفِضّة فيه. ويُدعى هذا تفاعُلَ إزاحةٍ، إذ أزاحَ النُّحاسُ الفِضّةَ من المحلول.



الفضّة في المحلول

الفِضّةُ والنُّحاس تبادلا المواقع.

النُّحاس في المحلول

فلِزّ النُّحاس

تجَمُّع فلِزّ الفِضّة

يتكَوّنُ محلولُ نِترات النُّحاس الأزرق

محلول نِترات الفِضّة

تاريخُ الفلِزّات

استِخدامُ الفلِزّات جاءَ مُتأخّرًا في التاريخ. فالإنسانُ القديمُ استَخدمَ العِظامَ والحِجارة والخشب لأدواته. الفلِزّاتُ المتواجدة حُرّةً في الطبيعة كالنحاس والفضة والذهب (والواقعة في أسفل سِلْسِلة التفاعُليّة) تمّ اكتِشافُها بسُهولةٍ، وكانت أُولى الفلِزّات التي استَخدمَها الإنسان. وحوالي سنة ٢٠٠٠ق.م. تمكّنَ الإنسانُ القديم من استِخراج الحديد، الأكثرِ فاعليّةً، من خاماته بالحرارة؛ وبذلك بَدَأ عَصْرُ الحديد. أما الألومنيوم فهو فلِزٌّ مُتوافِرٌ في القشرة الأرضية لكنّه شديدُ التفاعليّة؛ فلم يتمّ استِخراجُه عمليًا إلّا في القرن التاسعَ عشَر.

مِلقاطٌ حديديّ من عَصْر الحديد.

الكَهْرَلَة (التَّحْليلُ بالكَهْرباء)

الكَهْرَلَةُ (التَّحْليلُ بالكَهْرباء) هي عمليَّةُ تحليل مُرَكَّبٍ مّا إلى أجزائه بالكهرباء، ولإنجاح هذه العمليَّة يجب أن يكون المُرَكَّبُ مُوَصِّلًا للكهرباء - إمّا مَصهورًا أو محلولًا - وأن يحوي أيوناتٍ طليقةَ الحَرَكة ذاتَ شِحْناتٍ كهربائيَّة. ويُوضَعُ مِسْرَيان فلزِّيان، أو كربونيّان، يُعرفان بالإلكترودَيْن، في المادّة المُرادِ كهرلَتُها، وتُدعى الكَهْرَل (الإلكتروليت). عند وَصْل الإلكترودَيْن بالبطاريَّة تسري الكهرباءُ عبر السائل، فتتحرَّكُ أيوناتُ المُرَكَّب الموجِبة الشِّحنة نحو الإلكترود السّالب (المَهبِط أو الكاثود)، وتتحرَّكُ الأيوناتُ السّالبة الشِّحْنة نحو الإلكترود الموجِب (المصْعَد أو الأنود). وهكذا يَنْحَلُّ المُرَكَّب إلى جُزءَين.

التَّنقِيَةُ بالكَهْرَلَة

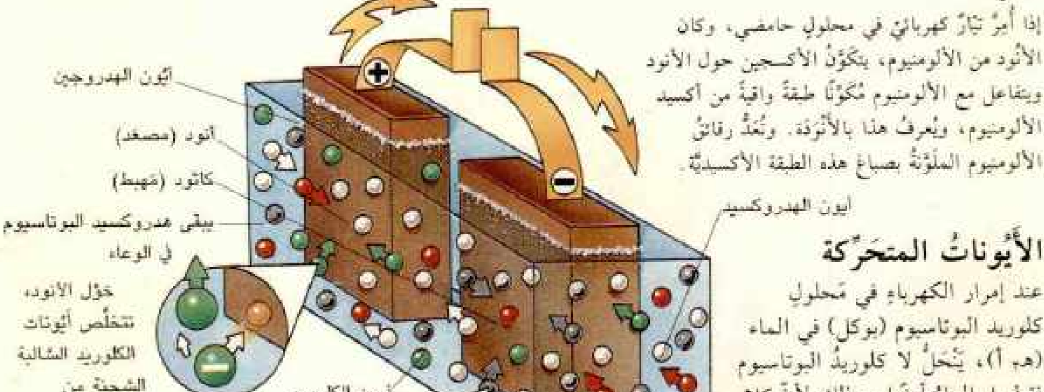
تُستخدمُ الكَهْرَلَة (التحليلُ بالكهرباء) في تَنْقِيَة النُّحاس المَشُوب؛ وتُعرف هذه الطريقةُ بالتَّنْقِية الكَهْرَلِيَّة. فيُجْعَلُ الأنودُ من النُّحاس المَشُوب، والكاثودُ (المَهبِط) صفيحةً من النُّحاس النَّقِيّ في كَهْرَل من محلول كبريتات النُّحاس. عند إمرار الكهرباء في المحلول، ينتقِلُ النحاسُ النَّقِيّ من النُّحاس المَشُوب إلى صفيحة النُّحاس النَّقِيّ، وتترسَّبُ الشوائبُ في القاع.

المفتاح قبل الطلاء بالكهرباء

المفتاح بعد طلائه الكهربائي بطبقة من النحاس.

الأَنْوَدَة

إذا أُمِرَّ تيّارٌ كهربائيٌّ في محلولٍ حامضي، وكان الأنود من الألومنيوم، يتكوَّنُ الأكسجين حول الأنود ويتفاعل مع الألومنيوم مُكوِّنًا طبقةً واقيةً من أكسيد الألومنيوم، ويُعرفُ هذا بالأَنْوَدَة. وتُعَدُّ رقائقُ الألومنيوم الملوَّنةُ بصباغ هذه الطبقة الأكسيديَّة.



الأَيُوناتُ المتحَرِّكة

عند إمرار الكهرباءِ في مَحلولِ كلوريد البوتاسيوم (بوكل) في الماء (هـ ٢ أ)، يَنْحَلُّ لا كلوريدُ البوتاسيوم فقطْ بل الماءُ أيضًا. وذلك لأنَّ كِلا أيوناتِ البوتاسيوم وأيونات الهدروجين، وكِلاها مُوجِبَةُ الشِّحْنَة، تتَّجِهُ نحو الكاثود. وبما أنَّ البوتاسيوم الشديد التفاعليّة "يُفَضِّلُ" البقاء في الحالة الأيونيّة، فإنَّه يبقى في المحلول ويَنْبَعِثُ غاز الهدروجين فقط. أمّا أيوناتُ الكلوريد والهدروكسيد، وكِلاها سالبةُ الشحنة، فتتَّجِهُ إلى الأنود، حيثُ يَنْبَعِثُ غازُ الكلور فقط فيما تبقى أيوناتُ الهدروكسيد في المحلول.







الطِّلاء بالكهرباء

لطِلاءِ جِسْمٍ مّا، كمفتاحٍ مثلًا، بطبقة فلزِّيَّة رقيقة كهربائيًّا، يُجْعَلُ هذا الجِسْم كاثودًا، والأنودُ قطعةً نقيَّةً من فلزّ الطلاء كالنُّحاس، فيما يحوي الكَهْرَل مُرَكَّبًا من هذا الفلزّ (ككبريتات النُّحاس، مثلًا). عند إمرار التيار الكهربائي، تتحرَّكُ أيوناتُ الفلزّ عَبْر المحلول وتترسَّبُ على المفتاح فتطليه. وبالطريقة نفسِها تُصنَعُ عُلَبُ التَّنك بطِلاء صفائح الفُولاذ بالقصدير كهربائيًّا.

الماء

عند إمرار الكهرباء في الماء (هـ ٢ أ)، يتكوَّنُ غازُ الهدروجين حَوْلَ الكاثود وغازُ الأكسجين حَوْلَ الأنود. وحيث إنّ الماءَ يحوي ذرَّتَين من الهدروجين لِكُلِّ ذرّة واحدة من الأكسجين، فإنَّ حَجْمَ الهدروجين الناتج يكونُ ضِعْفَ حَجْم الأكسجين.

غاز الاكسجين
غاز الهدروجين
ماء
إلكترود
بطاريّة

هَمفري دِيڤي

اشتُهِر هَمفري دِيڤي (١٧٧٨-١٨٢٩)، الكيميائي الإنكليزي، باختراعه مِصباح الأمان للمُعَدِّنين الذي يحمل اسمه؛ لكنه كان أيضًا من أوائل مُستخدِمي التحليل بالكهرباء. فقد اكتشف الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم وعددًا آخر من الفلزّات بواسطة فصلها عن مُرَكَّباتها بالكهرلَة. وفي عام ١٨١٣، عَيَّن دِيڤي مُساعِدًا له اسمُهُ مايكل فارادي فتابَع هذا أعمالَ دِيڤي وأصبحَ من مشاهير العُلماء فيما بعد.

لمزيد من المعلومات انظر

التَّرابُطُ الكيماويّ ص ٢٨
المحاليل ص ٦٠
سِلْسِلَةُ التفاعُليّة ص ٦٦
النُّحاس ص ٨٦
الخلايا والبطاريّات ص ١٥٠
حقائقُ ومعلومات ص ٤٠٤

الحَوامِض (الحموض)

لقياسِ قُوّةِ الحوامضِ والقِلْويّاتِ يستخدِمُ العُلماءُ سُلّمَ الأسِّ الهدروجينيِّ (هـس) الذي تمتدُّ من ١ إلى ١٤. وكلما ازدادت أيوناتُ الهدروجين في المحلول تزدادُ قُوّتُه الحامضية، وينخفض أسُّه الهدروجيني (هـس)، الذي هو لِكُلِّ الحوامض أقلُّ من ٧.

النُّصْفُ الحامِضي من سُلّم الأسّ الهدروجيني (هـس)

١	٢	٣	٤	٥	٦	٧ (مُتعادِل)	

طَعْمُ الليمونِ حَذيقٌ لأنه يحوي حامضَ الليمونِ أو حَمْضَ السِّتريك. والحوامضُ واسِعةُ الانتِشار جدًّا، فمنها ما يُوجَد في النَّمْل (حامض النَّمْليك) وفي العنب (حامض الطرطير) وفي المشروبات الآزّة (حامض الكربونيك) وفي بَطّارِيّات السيّارات (حامض الكبريتيك) وحتى في مِعدِنا (حامض الهِدروكلوريك). أمّا الحوامِضُ القويَّة، كحامضي الكبريتيك والنِّتْريك، فهي حُموضٌ خَطِرَةٌ لأنّها تُحرِقُ الثيابَ والجِلْد، ويَجِبُ الحَذَرُ مِنها عند استِعمالها في المُختبرات. لكِنَّ بعضَ الحوامضِ الضعيفة، كالحُموض المُتَواجِدةِ في الفاكِهة، يصلُح للأكل أو مُطَيِّبًا للطعام. والحُموضُ كُلُّها تحوي الهِدروجين، وتذوبُ في الماء مُكَوِّنةً أيوناتِ الهِدروجين الموجبَةَ الشِّحْنَة. وهذه الأيوناتُ هي المسؤولةُ عن خصائص الحوامضِ المُمَيِّزة. كما إنَّ عددَ أيونات الهِدروجين التي يكَوِّنُها الحمضُ في الماء هو مقياسٌ لِقُوّتِه، يُعرف بالأُسِّ الهِدروجيني (هـس).

حوامِضُ ضعيفة (هـس عالٍ)

تحوي الحمضياتُ كالليمون والبُرتقال حامضَ الليمون، وهو حامض ضعيف، أسُّهُ الهدروجيني (هـس) عالٍ نوعًا، لكنّه دون الـ٧.



حامضٌ قويٌّ مُخَفَّف — حامضٌ قويٌّ مُرَكَّز

الحُموض القويّة

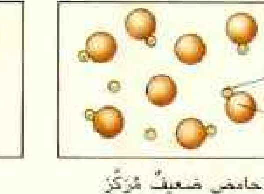
بعضُ الحوامض، كحمضي النِّتريك والكبريتيك، هي حُموضٌ قويّةٌ لأنَّ جُزَيئاتها تنحَلُّ (تتفكَّكُ) بالكامل إلى أيونات هدروجين وأيونات أُخَر. وتبيِّن قوّةُ الحامض كم من أيونات الهدروجين المُنحَلّة هذه تتواجَدُ في المحلول. يمكِنُ تخفيفُ الحموض القويّة بالماء، فتقِلُّ نسبةُ تركيزِ أيونات الهدروجين في المحلول، وتنخفض حمضيّتُه (فيزيد أسُّه الهدروجيني هـس).

حُموضٌ قويّة (هـس خفيض)

الحُموضُ المستخدَمةُ في المختبر، كحامض الكبريتيك، حوامضُ قويّةٌ ذاتُ أسٍّ هدروجينيٍّ (هـس) خفيض. وحمضُ الهدروكلوريك في مِعدِنا هو حامضٌ قويٌّ يُساعِدُ في هضم الطعام.

الحوامض الضَّعيفة

بعضُ الحوامض ضعيفٌ، كحامض الليمون الموجود في الليمون والبُرتقال. فعندما تُذاب هذه في الماء، يتفكَّك عددٌ قليل جدًّا من جُزَيئاتها لِيُكوِّن أيونات الهدروجين. يمكِنُ تركيزُ محاليل الحوامض الضعيفة بإزالة الماءِ منها، كما يمكِنُك تخفيفُها بإضافة الماءِ إليها. إنَّ محلولًا مُرَكَّزًا جدًّا لحامضٍ ضعيف قد يكون له الأسُّ الهدروجيني (هـس) ذاتُه لحامضٍ قويٍّ مُخَفَّفٍ جدًّا.

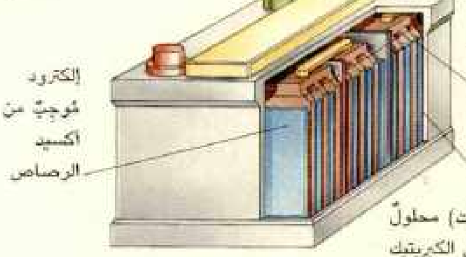


حامضٌ ضعيفٌ مُخَفَّف — حامضٌ ضعيفٌ مُرَكَّز

حامِض النَّمليك

حامض الميثانويك أو حامضُ النَّمليك، يُنتِجه النَّملُ القارِص ونباتُ القُرَّيْص طبيعيًّا. قديمًا، كان حامضُ النمليك يُحضَّر بإغلاء النمل في قِدْرٍ كبيرة؛ أمّا اليوم، فيمكِنُ تحضيرُه من كيماويّات أخرى. ويُستَخدمُ هذا الحامض لِحفْظ العَلَف الأخضر في أهرائه وفي صِناعة الوَرَق والنَّسيج.





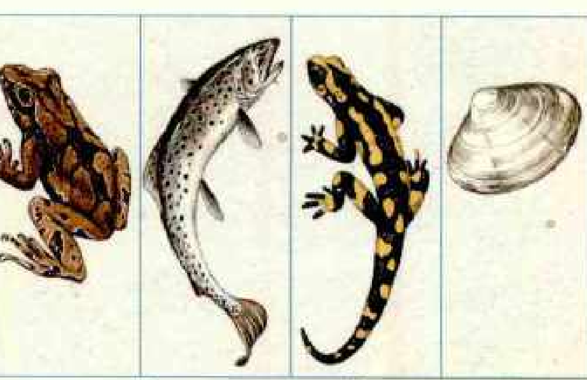


المِرْكَمُ الحَمْضيّ الرَّصاصيّ

الحوامضُ القويّةُ إلكتروليتات (كهارِلُ أو سوائل مُوَصِّلة للكهرباء) جيِّدة - وذلك لأنّها تتفكَّك في الماء بالكامل إلى أيونات هِدروجين مُوجِبَة وأيوناتٍ أُخَر سالِبة. وهذه الأيوناتُ ذاتُ الشّحنات الكهربائية يمكِنُها نَقْلُ التيّار الكهربائيّ. في المراكم الحمضيّة الرَّصاصيّة المُستَخدَمةِ في السيّارات يُستعملُ حامضُ الكبريتيك كإلكتروليت، وتعملُ الصفائحُ الرَّصاصيّةُ كإلكترودات. هذه المراكمُ (أو البطاريّات) تنتِجُ الطّاقةَ لبَدءِ تشغيلِ مُحرِّكِ السيّارة.

الماءُ الحامضيّ

تتلَوَّثُ البُحيراتُ والأنهار بالأمطار الحامضيّة، فتزدادُ حمضيّةُ المياه أي ينخفض أسُّها الهدروجينيّ (هـس) وتُصبح ضارّةً بالأسماك والأحياء المائيّة عمومًا. بعضُ الحيوانات أكثرُ حساسيةً لتغيُّرات الأسّ الهدروجيني هـس من سواها. فالمَحار، مثلًا، لا يستطيع العيشَ في مياهٍ أسُّها الهدروجيني دون الـ ٦، في حين أنَّ ضفادعَ الجِراج تستطيعُ العيشَ في مياه أسُّها الهدروجيني إنخفض إلى الـ ٤.



يموتُ المحار إذا هبط هـس الماء دون الـ ٦. — يمُوت السَّمَنْدَل إذا هبط هـس الماء دون الـ ٥. — يمُوت سمك التَّروت إذا هبط هـس الماء دون الـ ٤,٥. — يموت الضفدع إذا هبط هـس الماء دون الـ ٤.



فِعلُ الحامِض في الوَرَق

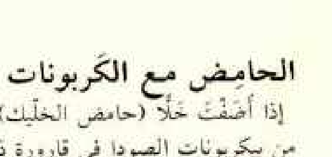
حامِضُ الكبريتيك المُركَّز حَمْضٌ أكّالٌ جدًّا، وهو عامِلٌ إنكازٍ شديدُ الفاعليّة ينزع الماء حتّى من المُركّبات التي تحويه. فالوَرَق يتألّف من السّليولوز، المادة النباتيّة المُركّبة من الكربون والهدروجين والأكسجين. فعندما يتفاعلُ حامضُ الكبريتيك مع الوَرَق، ينزِعُ منه الماء (أي الهدروجين والأكسجين)، تاركًا الكربون الأسود. وهكذا يبدو الوَرَق كأنّه حُرِق.

اِصْفِرارُ أوْراقِ الكُتُب

أوراقُ الكُتُبِ الجديدةِ ناصعةُ البياض، بينما تحولُ أوراقُ الكُتُبِ العتيقةِ إلى الصُّفرَة. السَّبَبُ هو أنّ الورقَ يحتوي كميّاتٍ ضئيلةً من الحَمْض؛ وهذه على مدى السنين تتفاعلُ بُبْطءٍ شديدٍ مع ألياف السّليولوز فتُعطِبُها، ويَحُولُ لونُ الورق من البياضِ إلى الصُّفرَة. إنّ ضوءَ الشّمس يُسَرِّعُ هذا التفاعُلَ، وقد يميلُ لونُ الورقِ إلى البُنّي ويُصبِحُ قَصِفًا سريعَ التفتُّت.



ينطلِقُ السِّدادُ الفلّيني من القارورة مدْفوعًا بغاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من تفاعُل الخَلّ مع بيكربونات الصودا.



الحامِض مع الكَربونات

إذا أضَفْتَ خَلًّا (حامض الخَلّيك) إلى كمّيّةٍ من بيكربونات الصودا في قارورةٍ ذاتِ سِدادٍ فِلّينيّ، يحصل على الفور تفاعُلٌ أَزٌّ يُفكّكُ فيه الحامضُ البيكربونات وينطلق غازُ ثاني أكسيد الكربون. وبتزايُد كمّيّة الغاز المتجمّع في القارورة يرتفعُ ضغطُه فيقذِفُ بالسِّداد الفِلّينيّ بقوّةٍ وفرقعة. إنّ تفاعُلَ الحوامض مع الكربونات (وانطلاق ثاني أكسيد الكربون) هو مِن خواصّ الحوامِض المميّزة. ويُستفادُ من هذا التفاعُل في المَطبخ. فمسحوقُ الخبيز هو مزيجٌ من زُبْدة الطرطير (ملحٍ مُوَلِّد لحامض الطرطير) وبيكربونات الصودا. وهذان في الماء يُنتِجان ثاني أكسيد الكربون الذي يَنْفُخ المُعجّنات.

ينطلق غازُ الهدروجين مُبقبِقًا بعُنف.

أُضيفَ الخَلُّ إلى بيكربونات الصودا

ملحُ خلّات الصوديوم يبقى في القارورة

حامض الهدروكلوريك

بُحاتة الخارصين

فِعلُ الحامض في الفلزّات

لا أحدَ يخزُنُ الخَلَّ في وِعاءٍ فِلِزّيّ، لأنّ الخَلّ يتفاعَلُ حينئذٍ مع الوعاء ببطءٍ مُصدرًا شيئًا من غاز الهدروجين. فالهدروجين الذي هو من مُكوّنات الحوامض جميعها يُطرَدُ منها عند التقاء حامضٍ مع فلزٍّ ناشِط. فعندما يُصبُّ حامضُ الهدروكلوريك، مثلًا، على الخارصين (كما أعلاه)، تئزُّ فقاقيعُ الهدروجين منطلقةً بنشيشٍ بيِّن، لأنّ الخارصينَ يَحِلُّ مَحَلَّ الهدروجين في الحامض مُكوِّنًا كلوريد الخارصين.

التَّخليل



الحوامضُ مُهلِكةٌ للكائنات الحيّة، لذا يمكنُ استخدامُها حوافظ قاتلةً للبكتريا. فنحنُ نحفظ العديدَ من المأكولات كالبصل والشمندر واللفت وغيرها في الخَلّ (حامض الخَلّيك)، ويعرف هذا بالتّخليل. فالحامض بقتله كافة الكائنات الحيّة المِجهريّة في محلول التخليل يحفظُ الأطعمةَ من الفساد. وقد استُخدِمَ التخليلُ على نطاقاتٍ أوسعَ قبْلَ اختراع أجهزة التبريد.

الرَّمزُ التحذيريُّ

الحوامضُ تبدو غالبًا عديمةَ اللون كالماء، لكنّها أكّالةٌ تُسبِّب حروقًا مُبرِّحة. لذا تحمِلُ الأوعيةُ المستخدَمة في نَقْل الحموض رَمْزًا يُعرَفُ بها ويُحذِّر من خُطورتها. وهكذا يتعرّفُ فريقُ المَطافئ طبيعةَ الحامض وسبيلَ التعامُل مع ما يُراقُ منه.



الحوامضُ في المَطَر

ماءُ المَطَر كان دومًا قليلَ الحَمْضيّة، لأنّ ثاني أكسيد الكربون في الهواء يذوب فيه مُكوّنًا حامض الكربونيك. غير أنّ حَمْضيّةَ المَطَر ازدادت كثيرًا منذ أصبح مُعظمُ العالَم مُصنَّعًا. فاحتراقُ الوُقُد الأحفوريّةِ كالفحم يُطلق ثاني أكسيد الكبْريت وأكاسيدَ النتروجين في الهواء؛ وهذه تتفاعلُ مع الماء في السُّحُب مُكوِّنةً حامِضَ الكبريتيك وحامضَ النتريك. والمَطَرُ الحَمْضيّ يُهدِّد الكثيرَ من المباني، بخاصّةٍ المُشادَ منها بالحجارة الجيريّة التي تتألّف من كربونات الكالسيوم. وهذه تتفكّكُ بالحوامض بسُهولةٍ لتنتجَ ثاني أكسيد الكربون.

اكتشافاتُ الحوامض

القرن الحادي عشر. تعرَّف الكيماويون العَرَب طُرُقَ تحضير حُموض الكبريتيك والنتريك والهدروكلوريك.

١٦٧٥ ارتأى الكيميائيُّ الإيرلندي، روبَرت بُويل، خَطأً أنّ الحوامض تحوي جُسَيمات خاصّة تندَسّ في فجوات الفلزّات وتُفتّتُها.

١٨٥٤ تُبيِّنُ كتاباتُ الكيميائي الفرنسي أوغست لورَنْت، معرفتَه أنّ الحوامضَ كلَّها تحوي الهدروجين.

١٨٨٧ الكيميائيُّ السويدي، سفانتِ أرينيُّوس، يقولُ بأنّ جميعَ الحوامض تحوي أيونات الهدروجين، وهذه الأيونات هي التي تُكسِبُ الحوامض خصائصَها المُميَّزة.

لمزيدٍ من المعلومات انْظُر

التّرابُطُ الكيماوي ص ٢٨
الهدروجين ص ٤٧
المحاليل ص ٦٠
القِلويّات والقواعد ص ٧٠
قِياسُ الحَمْضيّة ص ٧٢
الأملاح ص ٧٣
حامِض الكبريتيك ص ٨٩
الخَلايا والبطاريّات ص ١٥٠

القِلْوِيّاتُ والقواعِد

رُوّادُ المُروجِ عندما تَلْسَعُهم نَبْتَةُ القُرَّيْص، يُسرِعونَ إلى مَسحِ اللسعة بِعُشْبَةِ العِرْقِ المُسْهِل، فَتُبْطِل بما فيها من قاعدةٍ طبيعيّةٍ مفعولَ الحامِضِ في لَسْعَةِ القُرَّيْص. فالقَواعِدُ تُبْطِلُ مفعولَ الحوامِض، لأنَّ القاعديّة تعادِلُ الحُموضة كيماويًّا. والقواعد الذوّابةُ في الماء تُسمّى قِلْوِيّات، وكِلا النوعين (القواعدُ والقِلْوِيّات) مُتواجِدٌ حوالينا في مُنَظِّفات الأفران وموادِّ التلميع ومساحيقِ التخمير وأقراص عُسْرِ الهَضْم وفي اللُّعاب والطباشير. بعضُ القِلْوِيّات كاوٍ وخَطِرٌ جدًّا، كما الحوامض، يُسبِّبُ تَرشاشُه على الجِلْد حُروقًا شديدة. والقِلْوِيّاتُ تكوِّنُ في الماء أيونات الهِدروكسيد (أهـ$^{-}$)، التي تتفاعلُ مع أيونات الهِدروجين (هـ$^{+}$) في الحوامض فتُبطِلُ (أو تُعادِلُ) حَمضيّتَها. وتُقاسُ قوّةُ القِلْي بعدَدِ أيونات الهِدروكسيد التي يُحدِثُها القِلْيُ في الماء، وتُقاسُ هذه على سُلَّم الأسِّ الهِدروجينيّ (هـ$^{-}$).

القِلْوِيّاتُ من الرَّماد

الغَربيّون أخذوا كلمة «قالي» عن العربيّة بمعنى رَمادٍ يُتَّخَذُ من بعض النباتات. وكانت القِلْوِيّاتُ تُصنَعُ فيما مضى بحَرْقِ الحَطب والنباتات الأخرى - فتُحضَّرُ كربوناتُ الصوديوم من حَرْقِ النباتات البَحريّة، وكربوناتُ البوتاسيوم من حرق النباتات البرّيّة. أمّا اليوم فتُصنَعُ القِلْوِيّات بالكهرلة (التحليل بالكهرباء).

مِثْلُ هذا النوعِ من البَطّاريّات القِلْويّة تجِدُه في الساعات والحاسبات الإلكترونيّة.

الصّابون

القِلْوِيّاتُ صابونيّةُ الملمَس عندما تُدلَك بين الأصابع. وذلك لأنّها تتفاعَلُ مع زيوت الجِلد وتشرع بإذابتها. يُصنَعُ الصّابون بإغلاء الدُّهْن الحيواني أو الزيت النباتي مع قِلْيٍ قويٍّ كهدروكسيد الصوديوم (ص أ هـ).

القِلْوِيّاتُ مع الفِلِزّات

عند صَبِّ محلول هِدروكْسيد الصوديوم على قِطَعٍ من فِلِزِّ المغنسيوم، يُحدِثُ الهِدروجينُ، المتكوِّنُ من التفاعُلِ أزيزًا شديدًا، ويبقى هِدروكسيد المغنسيوم في القارورة. وهذا المركّبُ هو قِوامُ لَبَنِ المَغْنسيا، الذي يتناولُه الناسُ لِمُعالجة عُسْرِ الهَضْم - إذ يُعادِلُ الحامضَ الزائد في المَعِدَة.

يتفاعَلُ هِدروكْسيد الصوديوم مع قِطَعِ المغنسيوم.

المُوَصِّلاتُ القِلْوِيّة

القِلْوِيّاتُ مُوَصِّلاتٌ جَيِّدةٌ للكهرباء لأنّها تتفكّكُ في الماء لتكوِّنَ الأيونات. ويُستخدَمُ القِلْيُ القويُّ هِدروكسيدُ البوتاسيوم في البَطّاريّة القِلْويّة لِيُوَصِّل الكهرباء بين الإلكترودَيْن.

إلكترودٌ سالبٌ من الخارصين

إلكتروليت من هِدروكْسيد البوتاسيوم

إلكترود مُوجِبٌ من أكسيد الزئبق

الرَّمزُ التحذيريّ

محاليلُ القِلْوِيّات المُركّزة أكّالةٌ يُمكنُ أن تُسبِّبَ حروقًا مُبرِّحة. لذا تَحمِلُ الأوعيةُ المستخدَمة في تخزين القِلْوِيّات أو نَقْلِها علامةً تُحذِّرُ من خُطورتها.

القِلْوِيّاتُ في الفضاء

استخدَمَ رُوّادُ الفضاء في بعثات أبولُو الفضائيّة قِلْيًا هو هِدروكْسيد الليثيوم لمعادلة مُستويات ثاني أكسيد الكربون الخَطِرة التي كانوا يَزْفِرونها. ويُستخدَمُ هذا النوعُ من التّعادُل أيضًا لإزالة ثاني أكسيد الكربون في المباني المكيَّفة.

كَرْبُونات الكالسيوم

الأصْدافُ البَحريّة والمَرْجانُ والطباشير والحجرُ الجيري (الكلسي) والرخام كُلُّها تتألّف من كربونات الكالسيوم. وهذا المركّبُ بالغُ الأهميّة في الصناعات الكيماويّة لتصنيع الأسمدة والزُّجاج والإسْمَنْت والفُولاذ؛ كما يُحضَّرُ بإحمائه أكسيد الكالسيوم (الجير الحَيّ). وبإضافة الماء إلى أكسيد الكالسيوم ينتُج هِدروكسيد الكالسيوم (الجير المُطْفَأ) الذي يُستخدَمُ لِمُعادلة الحوامض في موارد المياه. كذلك يُمْزَجُ هِدروكسيد الكالسيوم مع الرَّمْل والماء لِصُنع المِلاط.

مَعْمَل معالَجة الحَجَر الجيريّ

كُلَّما ازدادَ عددُ أيونات الهدروكْسيد في محلول قِلْويّ، تزدادُ قوَّتُه ويرتفع أسُّهُ الهدروجيني (هـ^س). وهذا الأُسّ أكثر من ٧ لجميع القِلْويّات.

النَّشفُ القِلْويّ من سُلَّم الأُسّ الهدروجيني (هـ^س)

٧ (مُتعادل)	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤



تُستخدمُ القِلْويّات للتخلُّص من الدهن والشَّحْم.

تُستخدمُ القِلْويّات لجَلْو النُّحاس الأصفر.

في القِلْي القويّ، ينفصل الكثيرُ من أيونات الهدروكسيد عن الأيونات المُوجِبة

في القِلْي الضَّعيف، ينفصلُ عددٌ قليل من أيونات الهدروكسيد عن الأيونات المُوجِبة.

القِلْويّات القويّة

بعضُ القِلْويّات، كهدروكْسيدَي الصوديوم والبوتاسيوم قويّةٌ لأنَّ جميعَ جُزَيئاتها تتفكّكُ إلى أيونات عند ذَوَبانها في الماء؛ وهكذا فهي تحوي الكثيرَ من أيونات الهدروكْسيد، وأُسُّها الهِدروجينيُّ (هـ^س) عالٍ. مُنَظِّفاتُ الأفران، مثلًا، تحوي قِلْيًا قويًّا أكّالًا هو هِدروكسيد الصوديوم الذي يتفاعلُ مع التَّرسُّبات الدُّهنيّة المحروقة المُتكوِّنة على جُدران الفُرن، خلالَ عمليّة الطبخ فيُزيلُها.

القِلْويّات الضعيفة

بعضُ القِلْويّات، كهدروكْسيد الأمونيوم وبيكربونات الصودا، ضعيفةٌ لأنَّ القليلَ من جُزَيئاتها فقط يتفكّكُ إلى أيونات في محلولها المائي. لِذا فهي تحوي قليلًا من أيونات الهِدروكسيد، وأُسُّها الهِدروجيني (هـ^س) خفيض. مُنَظِّفُ النُّحاس الأصفر مَحلولٌ قِلْويٌّ ضعيف، وهو يعمل بحَلِّ طبقةِ الأكسيد التي تعلو سطح النحاس عندما يُترَكُ مُعرَّضًا للهواء.

لَسْعةُ النَّحْلة مُؤلِمةٌ لأنها تحوي حامضًا، ويمكنُ إبطالُ مَفعولها بواسطة قِلْي كالصابون.

إضافةُ الكِلس إلى الحقُول والبُحيرات

تزداد حُموضةُ التُّربة والبُحيرات بالمَطر الحَمْضي. وهذه الحُموضة الزائدة تُزيل بعض المُغذّيات الأساسيّة من التُّربة؛ لذا يلجأُ المزارعون إلى مسحوق الكلس (هِدروكسيد الكالسيوم) يَنثرونَه في حُقولهم. فالكِلسُ قاعدةٌ قويّة تُبطِلُ فِعلَ الحموضة في التُّربة؛ كذلك تُخفَّضُ حمضيَّةُ مياه البُحيرات بإضافة الكلس إليها. إنَّ إضافة الكِلس تدبيرٌ يُخفِّفُ الضَّرَر الناتجَ عن المطر الحَمْضي في الحقول والبُحيرات، لكنَّهُ لا يُعالِجُ مُسبِّبات التلوُّث.

مُزارِعٌ يُعالِج حقلَه بالكِلس.

مَنظرٌ مُكبَّر لِحُمَة نحلة

التَّعادُل

يَحدثُ تَعادُلٌ في كُلِّ مَرّة يتفاعَلُ فيها حامضٌ مع قاعدةٍ ليُكوِّنا الماءَ مع مُرَكّبٍ آخر يُسمّى مِلحًا. ويُستَفاد من هذا التفاعُل في معالجةِ بعض لَسعاتِ الحيوان والنبات. فإذا لَسعكَ زُنْبور يُمكِنُك إبطالُ فِعل اللَّسْعة القِلْويّة بواسطة حامضٍ كعصير الليمون أو الخَلّ. أمّا إذا لَسعتك نَحْلةٌ أو نملة، فيمكِنُك إبطالُ فِعل اللَّسْعة الحامضيّة بواسطة قِلْي كَبيكربونات الصودا. أمّا لَسْعةُ القُرَّيص الحامضيّةُ فيمكنُ مُعالجتُها بالدَّلك بوَرق عُشبةِ العِرْق المُسْهِل القِلْويّة.

لَسْعةُ الزُّنْبور مُؤلِمةٌ لأنها تحوي قِلْيًا، ويمكنُ إبطالُ فعلها بواسطة حامض كالخَلّ.

مِطْفأةُ الحريق

تَعملُ بعضُ مطافىء الحريق باستخدام تفاعُلِ التَّعادُل بين حامضٍ وقاعدة. فهي تحوي حَمضَ الكبريتيك وبيكربونات الصودا اللذَيْن يمتزجان ويتفاعلان عندما تُقْلَبُ المطفأةُ رأسًا على عقب لِيُنتجا الماءَ وغازَ ثاني أكسيد الكربون. ويدفعُ ضغطُ الغاز رُغاوةً سائليّةً وفقاقيعَ ثاني أكسيد الكربون من مِنْفث المطفأة.

التّفاعُلُ الأزّازُ الحامضيّ مع القِلْي يدفعُ الرُّغاوة عبْرَ المِنفث لإطفاء الحريق.

القِلْويّاتُ في وَبَأ الطاعون

في القرن السابعَ عَشَر اجتاحَ مرضُ الطاعون مدينةَ لندن في إنكلترا فقتل قُرابةَ ٨٠٠٠٠ نسمة عام ١٦٦٥. وكانت الجُثَثُ تُدفَن في مقابرَ جماعيّةٍ وتُغطّى بالكلس (الجير الحيّ)، وهو قِلْيٌ قويٌّ، لِتسْريع انحلالِها.

لمزيد من المعلومات انْظُر

التّرابُطُ الكيماوي ص ٢٨
المحاليل ص ٦٠
الحوامض ص ٦٨
قِياس الحَمْضيّة ص ٧٢
الأملاح ص ٧٣
صِناعةُ القِلْويّات ص ٩٤

قِياسُ الحَمْضيَّة

هل لاحَظْتَ التغيُّرَ الخفيفَ في لَون الشاي عند إضافة قِطعة لَيمون إليه؟ فالشايُ في هذه الحالة يعملُ ككاشفٍ كيماويّ مُبيِّنًا أنَّ الليمون قد زادَ الحمضيَّة. وتُستَخدمُ بعضُ الكيماويَّات الملوَّنة بالطريقة نفسها لتُميِّز المحلولَ الحَمْضيَّ من القِلْويّ. ويُدعى المقياس النِّسبي لحمضيَّة المحلول أو قِلْويته هـس (اختِصارًا للأُسّ أو الرَّقم الهدروجيني)، وهو مُدَرَّجٌ سُلَّميًّا من ١ إلى ١٤، تبَعًا لعدد أيونات الهِدروجين في المحلول. فإذا كان هـس = ١، فالمحلولُ يحوي الكثيرَ جدًّا من أيونات الهِدروجين، وهو حَمضٌ قويّ. وإذا كان هـس = ١٤، فالمحلولُ يحوي القليلَ جدًّا من أيونات الهِدروجين، وهو قِلْيٌ قويٌّ. أمّا المحاليلُ المُتعادِلةُ فالأُسُّ الهدروجينيّ لها هـس = ٧.

الملفوف الأحمر الإجاص الفجل الشمندر

١ هـس ١٤ ٢ ١٣ ٣ ١٢ ٤ ١١ ٥ ١٠ ٦ ٩ ٧ ٨

الدائرةُ الداخليّة هي المقياس المُلوَّن اللوني للكاشف العام، فهي قرنفليّة اللون في حامض قويّ (هـس=١) وزرقاء في قِلْيٍ قويّ (هـس=١٤)، وتبيّن الدوائرُ الخارجيّة تغيُّرَ لون عُصارات الملفوف الأحمر والإجاص والفجل والشمندر بتغيُّر هـس.

الكواشِف

هنالك العديدُ من الكواشف التي تُبيِّنُ حَمْضيَّةَ المحلول أو قِلْويّته. ولعَلَّ أجداها عمليًّا مزيجٌ من الأصباغ يُعرف بالكاشِف العامّ، يتغيَّر لونُه على مدى سُلَّم الأُسّ الهدروجيني كُلِّه من الأحمر هـس = ١ (للحامض القويّ جدًّا) إلى الأزرق هـس = ١٤ (للقِلْي القويّ جدًّا). ويمكنُ استِخدامُ الأصبغةِ المستخرجة من الفواكه والخُضار، كالإجّاص والبصل والملفوف الأحمر، ككواشفَ لأنَّ ألوانَها تتغيَّرُ بتغيُّر هـس. فعَصيرُ الملفوف الأحمر، مثلًا، يتغيّر من الأحمر في حامض قويّ، مرورًا بالقَرَنْفُليّ فالأُرجواني فالأزرق ثمّ الأخضر في قِلْيٍ قويّ.


الفينولفتالين قَرَنْفُليّ غامق فوق هـس ٩,٥.

الفينولفتالين عديم اللون تحت هـس ٨,٥.



حُمُوضةُ التُّربة

الأُسّ الهدروجيني (هـس) للتربة مهم للمزارعين فبعضُ النباتات تنمو فقط في مَدًى مُعَيّنٍ منه. فالمناطقُ الكلسيّة ذاتُ تُربة قِلْويّة عادةً (هـس من ٧ إلى ٧,٥). أمّا المناطقُ الرَّمليّة والصَّلْصاليّة السَّبِخةُ والخُثّيّة فهي عادةً ذات تُربة حَمضيّة (هـس من ٦,٥ إلى ٧). نباتُ الخلنج مثلًا، يألفُ التُّربة الحمضيّة، لذا نجِدُه يغطّي الأراضي البريّة السَّبخة غالبًا.


زهورُ الأرطَنْسيّة حمراءُ في التُّربة القِلْويّة. زهورُ الأرطَنْسيّة في التُّربة الحَمْضيّة زرقاء.

الكواشِفُ الطبيعيّة

بعضُ النباتات هي كواشفُ طبيعيّة؛ فلَونُ زهر الأرطَنْسيّة تحدِّدُه حمضيّةُ التُّربة أو قِلْويّتُها. وصِبغ عبّاد الشَّمس كاشفٌ معروف نحصلُ عليه من نبتات أُشْنة الصبّاغين. لونُ عبّاد الشَّمس أحمرُ في الحوامض وأزرقُ في القِلْويّات.

القِلْويّاتُ تُحوِّلُ لَونَ وَرَق عبّاد الشَّمس إلى الزُّرقة.

الحوامضُ تُحوِّلُ لَونَ وَرَق عبّاد الشَّمس إلى الأحمر.



الكواشِفُ المُختَبَريّة

يَستَخدمُ العُلماءُ غالبًا كواشفَ مُختبريّة خاصّة حسّاسة لمساعدتهم في التحديد الدقيق للكميّة الأدنى من الحامض التي تضافُ إلى القِلْي لمُعادِلةٍ تمامًا. ونذكرُ من هذه الكواشف اثنين هما بُرتُقاليُّ الميثيل والفينولفتالين اللذان يغيِّران تلوُّنَهما عند قِيَم بالغة الدِّقّة للأُسّ الهدروجيني.


بُرتُقاليُّ الميثيل احمر تحت هـس ٣.

بُرتُقاليُّ الميثيل اصفر فوق هـس ٨.

بُرتُقاليُّ الميثيل بُرتُقالي بين هـس ٤ و٨.

مِقياس الأُسّ الهدروجيني

يمكنُ قِياسُ الأُسّ الهدروجيني لمحلول مّا بدقّة بمقياس هـس. ويَستخدمُ هذا الجهازُ إلكترودًا لقياس تركيز أيونات الهِدروجين في المحلول، ويَعرِضُ قِيَم هـس للمحلول رَقميًّا، أو بواسطة إبرة على مقياسٍ مُدرَّج.

يجب مُداراةُ محاليل العدَسات اللّاصِقة والحُقَن كيلا يتغيَّرَ الأسّ الهدروجيني لسوائل الجِسْم.

العواملُ الدارِئة

أحيانًا، لا نريد تغيُّر هـس للمحلول. ففي الجِسْم، مثلًا، تحصل مُعظَمُ التفاعُلات ضمنَ مدًى ضيّقٍ للأُسّ الهدروجيني. إنّ تغيُّرًا بمقدار ٠,٥ في هـس الدَّم قد يؤدي إلى الموت. ولمنع ذلك يُنتِجُ الجِسْمُ موادَّ دارِئة تعادِلُ أيَّ تغيُّراتٍ حَمْضيّة أو قِلْويّة ليَظَلَّ هـس الدَّم ثابتًا. وللسببِ نفسِه، يجب أن تُدرأَ الحُقَنُ الوريديّة بعِناية بالغة.

لمزيد من المعلومات انْظر

الأَمْلاح

مياهُ البَحر مالحةٌ لأنَّ الأملاحَ في غالبيّتها ذوّابةٌ في الماء، فتحملُها الأنهارُ من اليابسة إلى البحر حيثُ يتزايَدُ تركيزُها فيه على مدى الدهور (لأنَّ الماءَ المُتبخِّر لا يحوي مِلحًا). الأملاحُ كثيرةٌ جدًّا ومتعدّدةُ الأنواع، وما مِلحُ الطعام إلّا واحدٌ منها. وهي في الواقع كيماويّاتٌ مُفيدة واسعة الاستعمالات تشمل الأدويةَ والجِبْسَ والبارود والطباشير وخُضُبَ الدهانات ومُبيداتِ الحشرات والأسمِدة وسِواها. والملحُ، كيماويًّا، مُرَكَّبٌ من فلزّ (أو شِقٍّ فلزّيّ) ولا فلزّ (أو شِقٍّ لافلزّيّ)، مترابطَينِ معًا برابطٍ أيونيّ، يتولَّدُ من تفاعُلِ حامضٍ مع فلزٍّ أو قاعدةٍ. وتشكِّلُ الأملاحُ بِلَّوراتٍ جميلةً في كثيرٍ من الحالات.

يتألّفُ مِلحُ الطعام من أيونات الصوديوم (ص$^+$) وأيونات الكلوريد (كل$^-$).

الأيونات

تتألّفُ الأملاحُ جميعُها من أيونات. وهذا ما يجعلُها ذوّابةً في الماء ويجعلُ محاليلَها مُوَصِّلاتٍ جيّدةً للكهرباء. والأملاحُ عادةً ذاتُ نقطتَي انْصِهارٍ وغليانٍ عاليتَين لأنَّ روابطَها الأيونيّةَ قويّةٌ.

حامض الكبريتيك المُخَفَّف

يَنتُجُ محلولٌ أزرقُ من كبريتات النّحاس، عندما يتفاعلُ الحامضُ مع أكسيد النّحاس الأسود.

كيفَ تُحضِّر مِلْحًا

تُحَضَّرُ الأملاحُ بتفاعُلِ حامضٍ مع قاعدةٍ لتكوين ملحٍ وماء. فإذا أحمي مزيجٌ من أكسيد النحاس الأسود (قاعدة) مع حامض الكبريتيك المُخَفَّف، ينتُج محلولٌ أزرق. في هذا التفاعُل تعادِلُ القاعدةُ الحامضَ وينتجُ مِلحٌ ذوّابٌ هو كبريتات النحاس. وعند تبخير المحلول بالتسخين تحصُلُ على بِلَّورات كبريتات النُّحاس الزرقاء.

نُحاسٌ كابِدُ اللون

يُجلى النُّحاسُ بليمونةٍ. هذا التنظيفُ يُوَلِّدُ مِلحًا ذوّابًا في عصير الليمون الحامض.

مِلْحٌ نُحاسيّ

يتفاعَلُ النُّحاسُ بسُهولة مع أكسجين الهواء، فيَكْمَدُ لونُه بطبقةٍ رقيقة من أكسيد النحاس تُفْقِدُه بَريقَه. عند جَلْو النحاس المُكْمَدّ بعصير الليمون الحامض (حامض السّتريك) يتفاعل الحامض مع أكسيد النُّحاس (قاعدة) ليكوِّنَ مِلحًا ذوّابًا (سِترات النُّحاس) وماءً. وبذوبان هذا الملح في الماء، يعودُ النُّحاسُ نظيفًا وبَرّاقًا.

أمْلاحُ الجِسْم

لعلَّك تذوَّقتَ طعمَ المُلوحة في عَرَقِك مرّاتٍ عديدة؛ فأنت كُلّما تعرَقُ تَفقِدُ بعضَ الملح من جِسْمك. والملحُ مادّةٌ حيويّةٌ لقيام الجِسْم بوظائفه على الوجه الصحيح؛ وفقدانُه منهُ قد يُؤدّي إلى التّجفاف فالانهيار. لذا ينصَحُ الأطبّاءُ المسافرينَ إلى بلادٍ حارّةٍ بأخذ أقراصٍ ملحيّةٍ تُعوِّضُ ما يفقدونه من الأملاح بالتّعرُّق.

خَليّةٌ عَصَبيّة

الأعصاب

تنتقِلُ الرسائلُ في جِسْمِكَ كإشاراتٍ أو دفعاتٍ كهربائيّةٍ على طول الألياف العصبيّة. وتعبُر هذه الإشاراتُ الفجوةَ بين ليفتين بواسطة أيونات البوتاسيوم والصوديوم المُتواجدة في سائل الخلايا. هذه الأيوناتُ الحَيَويّةُ مَصدَرُها الأملاحُ التي تتناولها في طعامك.

بِلَّورات كبريتات النُّحاس الزرقاء

تبدأ بِلَّوراتُ كبريتات النحاس الدقيقة بالظهور مع تبخُّر ماء المحلول بالحرارة.

حارِوقُ بنْزِن

الحرارةُ المُتولِّدة من حارِوق بنْزِن تُبخِّرُ الماءَ من المحلول تاركةً الملحَ في البوتَقة.

الأُسَرُ المِلْحيّة

في مِلحٍ مّا، كَمِلْح كبريتات النُّحاس، يأتي الشِّقُّ الفِلِزّيّ (النُّحاس) من القاعدة (أكسيد النحاس) والشِّقُّ اللافِلِزّيّ (الكبريتات) من الحامض (حامض الكبريتيك). وهكذا فإنَّ لِكُلِّ حامضٍ أسرةً من الأملاح - فحامض الكبريتيك يُنتِجُ الكبريتات، وحامض السّتريك يكوِّنُ السّترات، إلخ. ولِكُلِّ قاعدةٍ أيضًا أسرةٌ من الأملاح. فأكسيد النُّحاس مثلًا، يُنتِجُ دائمًا أملاحَ النُّحاس.

الأملاحُ الطبيعيّة

يتألّفُ مُعظَمُ المعادن والخامات من الأملاح؛ فمنها مثلًا، الحجَرُ الجيريّ (كربونات الكالسيوم) والجِبْس (كبريتات الكالسيوم) والفلوريت (فلوريد الكالسيوم). وتُشكِّلُ جميعُ الأملاح بِلَّوراتٍ جميلةً إذا ما توافرت لها ظروفُ النّماءِ المُؤاتية.

تُكَوِّنُ الأملاحُ غالبًا بِلَّوراتٍ جميلة.



بِلَّورة فلوريت

لمزيد من المعلومات انْظُر

الترابُطُ الكيماوي ص ٢٨
البِلّورات ص ٣٠
المُركّبات والمزيجات ص ٥٨
المحاليل ص ٦٠
الحوامض ص ٦٨
القِلْويّات والقواعد ص ٧٠

كيمياءُ الهواء

الهواءُ الحيويُّ اللامَرئيُّ الذي يحيطُ بنا على الدوام هو مزيجٌ مِن غازات مختلفةٍ يؤلِّفُ النّتروجين والأكسجين ٩٩٪ منها. ويُسْهِمُ الإنسانُ باستمرار عن طريق التنفُّس والأنشطةِ الصناعيةِ المختلفة في تغيير تركيب الهواء؛ وتعادِلُ النباتاتُ بعضَ هذه التغييرات في عمليَّة التخليق الضوئي. يشكِّلُ هواءُ الجوِّ دِرعًا واقيةً تُرَشِّحُ ضوءَ الشَّمْس من الأشعة فوق البنفسجيَّة المؤذية، وتسمحُ بمرور الأشعةِ المرئيَّة والأشعةِ دون الحمراء التي نعتمدُ عليها كمصدرٍ للضوء والحرارة؛ كما يَعملُ الهواءُ أيضًا كطبقةٍ عازلةٍ تمنع التدنِّي أو الارتفاعَ الأقصى في درجة الحرارة. فلولا الهواءُ لكانت الأرضُ كما القمرُ - حارَّةً جِدًّا نهارًا، وباردةً جدًّا ليلًا.

يَحوي الهواءُ عِدّةَ غازاتٍ مختلفةٍ عديمةِ اللون.

يؤلِّفُ النّتروجين ٧٨٪ مِن حجم الهواء.

يؤلِّفُ الأكسجين ٢١٪ من الهواء (بالحجم).

يؤلِّفُ الأرجون ٠٫٩٪ من الهواء.

يؤلِّفُ ثاني أكسيد الكربون ٠٫٠٣٪ من الهواء.

تؤلِّفُ الكمّيّاتُ الصغيرة من الغازات الأخرى ٠٫٠٧٪ من الهواء.

لا يمكنُ استخدامُ السيّاراتِ العاملةِ بالبنزين على سطح القمر. لِذا استخدمَ رُوّادُ القمرِ سيّارةً كهربائيّةً على سطحه.

على الأرض، تأخذُ السيّارةُ الهواءَ باستمرار؛ فأكسجينُ الهواء ضروريٌّ لحَرْقِ البنزين - والطاقةُ المُنطلِقةُ في التفاعُل تُسَيِّرُ السيّارة.

الهواءُ من نِعَمِ الأرض

بحُكم العادةِ، ننسى أحيانًا أنّنا مُحاطونَ بالهواء، وأنّ كثيرًا ممّا نفترضُه أمرًا طبيعيًّا عاديًّا قد لا يَحدثُ بدونه. فلو اصطحبَ رُوّادُ الفضاءِ سيّارةً عاديّةً إلى القمر لما أمكنَهم استخدامُها لانعدام الهواء في جَوِّه. وهم قد استخدموا فعلًا، في تَجوالهم الاستطلاعي القمري، سيّارةً كهربائيّةً.

الهواءُ عِمادُ الحياة

تعتمدُ الحياةُ بمُختلف أشكالها على الهواء من أجل البقاء. فالإنسانُ يستخدم أكسجينَ الهواء ليُحَوِّلَ طعامَهُ إلى طاقة، ويَزْفِرُ ثاني أكسيد الكربون. والنباتاتُ في عملية التخليق الضوئي تحَوِّلُ ثاني أكسيد الكربون من الهواء إلى أغذيةٍ، كالسُّكَّريّات، تحتاجُها في عمليّةِ النمُوّ.

تقطيرٌ تَجزيئيٌّ لِلهواء

يحوي الهواءُ بعضَ الغازات المُهمَّة. وهذه يُمكِنُ فَصْلُها بعمليّة التقطير التجزيئي؛ فيُسَيَّلُ الهواءُ بتبريده إلى درجة حرارةٍ خفيضة جدًّا. ثُمّ يُترَكُ ليسخُنَ، فتتبخَّرُ الغازاتُ غيرَ متوافقةٍ ويُجمَعُ كُلُّ غازٍ على حِدَة لأنّ لِكُلٍّ منها درجةَ غليانٍ مُختلِفة.

هواء

هواء سائل

يغلي الأكسجين على درجة -١٨٣°س. ويُستَخدمُ في أجهزة التنفُّس.

يغلي الأرجون على درجة -١٨٦° س ويُستَخدمُ لتعبئة (ضَمجات) المصابيح الكهربائيّة.

يغلي النّتروجين على درجة -١٩٦°س. ويُستَخدم في صناعة الأسمدة وحامض النتريك.

جُودة الهواء



لقد تسبَّبت الأنشطةُ البشريّةُ في تغيير تركيبِ الهواء. فمثلًا، قبلَ أن تأخذ مُستوياتُ الكبريت في الهواء بالارتفاع، قُرابةَ العام ١٦٠٠، لَم يكن تنظيفُ الفِضّة ضروريًّا. وقد حدثت التغيُّراتُ الكُبرى بعد الثورة الصناعيّة في القرن التاسعَ عَشَر، حينما بدأ الناسُ يَحرِقون الوُقُدَ الكربونيّةَ على نطاقٍ واسع. ونحن نعلَمُ أنّ ثاني أكسيد الكربونِ اليومَ يؤلِّفُ نِسْبةً أكبرَ من الهواء عما كانت عليه سالفًا. فمِن واجبنا جميعًا التحَكُّمُ بمُستوياتِ التلَوُّث المُنطلِق في الهواء لِحمايةِ الحياةِ على سطح الأرض.

إكتشافات علميّة



١٧٥٤ اكتشفَ الطبيبُ الاسكتلندي، جوزيف بلاك، ثاني أكسيد الكربون في الهواء.

١٧٧٢ اكتشفَ الطبيبُ الاسكتلندي، دانيال رودَرفورد، النتروجينَ في الهواء.

١٧٧٤-٧٩ جوزيف بريستلي (البريطاني) وأنطوان لافوازييه (الفرنسي) اكتشفا الأكسجين في الهواء، مُستقِلَّين.

١٨٩٢-٩٨ اكتشفَ العالمانِ البريطانيان، السير وليم رامزي واللورد رايلي، أنّ الهواءَ يحوي غازاتٍ خامِلة.

لمزيد من المعلومات انْظُر

النّتروجين ص ٤٢
الأكسجين ص ٤٤
الغازاتُ النّبيلة ص ٤٨
سُلوكُ الغازات ص ٥١
المُركّباتُ والمَزيجات ص ٥٨
الأكسَدة والاختِزال ص ٦٤
التلَوُّثُ الصناعي ص ١١٢
الجَوّ ص ٢٤٨



كِيمياءُ الماء

لَو طلَبتَ إلى شخصٍ عاديٍّ أو عالِمٍ مُتخصّصٍ أن يسَمّيَ بِضعًا من أشهَرِ الموادِّ وأهمِّها، لَكانَ الماءُ في رأسِ هذه الموادّ رُغم كونِه ذلك السائلَ المُبتذَلَ العديمَ اللونِ والطعمِ والرائحة. كيماويًّا، الماءُ مُركَّبٌ يتألّفُ جُزَيئُهُ من ذَرّتين من الهِدروجين وذرةٍ من الأكسجين - فَصِيغتُه إذًا هـ٢أ. وهو كيماويٌّ دَؤوبُ الفاعلية ومُذيبٌ عامٌّ جيِّدٌ بحيث يكادُ لا يوجد في حال النقاوةِ الكاملة مُطلقًا حتى في المَطر. والماءُ بالِغُ الأهميّةِ لِلكائنات الحيّة، فهو يُكوِّنُ الجُزءَ الأكبر من مادة جسم الإنسان - كما يحملُ المغذّيات إلى سائر خلاياه ويخلِّصُه من فَضَلاته.

عددُ الجُزيئات في نُقطة ماءٍ واحدة أكثرُ من ملايين النجوم التي نُشاهِدُها في السماء.

قُرابة ثُلثَي وَزْنِ جسم الإنسان ماء.

قد يصِلُ مُحتوى الشخص النحيلِ من الماء ٧٥٪، بينما هو في السمين ٥٥٪ فقط.

في درجة حرارة الغُرفة، الماءُ النَّقِيُّ سائلٌ لا لَونَ له، يَغْلي على درجة ١٠٠° س، ويتجمَّدُ على درجة صِفْرٍ سنتيغراد (سِلسيوس) هـ الماء = ٧ (متعادل).

مَنْظر مُكبَّر لِقُشور الغَلّاية.





تُغطّي المياهُ فوق ٧٠٪ من سطح الأرض.

تحوي البندورة ٩٥٪ من وزنها ماء.

الماءُ العَسِر

بعضُ المُركَّبات الكيماويّةِ المُذابة في الماء تجعَلُه عَسِرًا لا يرغو فيه الصابون بِسُهولة، بل يكوِّنُ رسابةً بيضاءَ غُثائيّة. وعُسْرُ الماء على نوعين: مُؤقّتٌ تسبِّبُه بيكربونات الكالسيوم والمغنسيوم ويمكِنُ إزالتُه بالغليان - حيث تتحوَّلُ البيكربونات الذوّابة إلى «كربونات الكالسيوم» اللاذَوّابة التي ترسِّبُ قُشورًا كلسيّةً في الغلّايات، وعُسْرٌ دائم سببُه كبريتاتُ الكالسيوم والمغنسيوم ويمكِنُ إزالتُه بإمرار الماء عَبْرَ جهاز تيسير الماء الذي يَسْتَبدِلُ بأيوناتِ الكالسيوم والمغنسيوم أيوناتِ الصوديوم.

الماءُ في كُلِّ مَكان

الماءُ أكثرُ المُركَّبات الكيماويّة وَفْرةً إذ يُغطّي فوقَ ال ٧٠٪ من سطح الأرض. ويبلغ مُعدّلُ مُحتوى جسم الإنسان من الماء حوالى ٦٥٪ من وزنه، كما تتألّفُ بعضُ المأكولات في معظمها من الماء، فتحوي ثمارُ البندورة، مثلًا ٩٥٪ من وزنها ماءً. وفي مختلف أماكنِ تواجُده هذه يقومُ الماء بتفاعلاتٍ ووظائفَ كيماويّةٍ مهمّة.

الماءُ في الهواء

في يوم رَطب، يحوي الهواءُ كمّيّةً كبيرةً من بُخار الماء (حوالى ٥٪ من وزنه)؛ والرُّطوبةُ النسبيّةُ هي مقياسٌ لكمّيّةِ الماء في الهواء. أمّا الهواءُ الجافّ، كهواء الصحارى، فمُحتَواه من بُخار الماء نَزْرٌ يسير.

تحوي الصحارى نَزْرًا من الماء لا يكفي لعيش الكثير من الأحياء.

الماءُ الجامِد

بخِلافِ مُعظم الموادِّ الأخرى، يتمدَّدُ الماءُ خلالَ تحوُّلِه إلى جَليد. فعندما تتضامُّ جُزيئاتُ الماء لتكوِّنَ الجليد تنضَمُّ ذرّةُ هدروجين من أحد الجُزيئات إلى ذرّة أكسجين في جُزيءٍ آخر، فيتكوَّنُ شكلٌ سُداسيّ ذو حَيِّزٍ خاوٍ في الوسَط. ويفسِّرُ هذا الشكلُ ظاهِرتَين، أولاهما كونُ الجليد أخفَّ من الماء، وثانيتهُما الشكلُ السُّداسي التراتُبيُّ للكِسَف الثلجيّة.



التسخين يُفقِدُ بِلّوراتِ كبريتات النُّحاس لونَها الأزرق، والماءُ يعيدُ إلى البِلّورات المُبْيَضّة زُرقتَها.



ماءُ التَّبلْوُر

تحوي مُركّباتٌ كثيرةٌ جُزيئاتِ ماءٍ مُحتَبسةً في بِلّورِاتها. هذا الماء هو ماءُ التبلْوُر ويمكِنُ نزعُه بالإحماء. فإذا سُخِّنت بِلّوراتُ كبريتات النُّحاس الزرقاء تَفقِدُ ماءَ التبلْوُر وَيبْيَضُّ لونُها. ولا تعودُ إلى هذه البِلّورات المُبْيَضّة زُرقتُها إلا بإضافة الماء. وتُستَخدمُ هذه الظاهرةُ كيماويًّا كاختبارٍ للكشف عن وُجودِ الماء.

لمزيدٍ من المعلومات انْظر

تغيُّرات الحالة ص ٢٠
الترابُطُ الكيماوي ص ٢٨
البِلّورات ص ٣٠ ، المحاليل ص ٦٠
الماء - مُعالجتُه وصناعاتُه ص ٨٣
الرُّطوبة ص ٢٥٢
الثّلج ص ٢٦٦

كيمياءُ الجسْم البشَريّ

جِسْمُ الإنسان مَصنعٌ كيماويٌّ مُتنقِّلٌ مُهيَّأٌ لمعالجة موادِّه الخام كالطعامِ والماء والأكسجين على الوَجه الأكمل. بعدَ التغذية، تمُرُّ هذه الموادُّ بِسِلْسلة من التفاعُلات الكيماويَّة المعَقَّدة، تُعرف بالإسْتِقلاب (أو الأيض)، مُوَلِّدةً الطاقةَ التي يحتاجُها الجِسْمُ للقيام بوَظائفه. إحدى سلاسلِ هذه التفاعُلات تفكِّكُ جُزَيئاتِ الطعام الكبيرة في عمليَّة الهَضم إلى جُزَيئاتٍ أصغَر، كالغلوكوز، يُمكِنُ سَريانُها إلى مَجرى الدَّم. ويَنْقُلُ الدَّمُ الغلوكوزَ إلى الكَبِد حيث يُخْتَزَن كَوَقُودٍ جُسمانيّ. وفي عمليّة التنفُّسِ الخلوي تَبْتعِثُ خلايا الجِسْمِ الطاقةَ من الوَقُود المُمَثَّل. أمّا الفضلاتُ فتُنقَلُ إلى نهاية خطِّ المَصنع البشَريِّ للتَّخلّصِ منها.



الغلوكوز أحَدُ مُنْتَجات الهَضم

يتلَقَّى الطعامُ في المِعَى الدقيق، عَبْرَ قناة الصفراء، مَزيجًا فعّالًا من الكيماويّات هو الصفراء. وهي سائلٌ من مُفرَزات الكَبِد، يُخْتَزَن في كيس المرارة، يَحوي أملاحًا قَلَويّةً تُساعدُ في تحلُّلِ الدُّهون. وتُستكمَلُ عمليّةُ الهضم بأنزيماتٍ من البنكرياس ومن جُدران المِعى الدقيق. ويجري نَقْلُ الغلوكوز، الذي هو أحدُ مُنْتَجات مُجمَل هذه التفاعُلات، إلى الكَبِد.

بينما أنزيماتُ المَعِدَة جادّةٌ في عملها، تعملُ تقلُّصاتُ جدار المعدة كمِخْفَقةٍ تخفُقُ الطعامَ وتُحوِّله إلى مائعٍ يُدعى الكَيْلوس.

اللُّعَاب

المَوقعُ الأوّلُ لِلفِعل الكيماويّ على الطعام هو الفَم حيث يتدفَّقُ اللُّعَابُ من الغدد اللعابيّة على الطعام فيمتزجُ به خلال عمليّة المَضغ. واللُّعابُ مَزيجٌ مائيٌّ يحوي أنزيمَ الأميلاز الذي به يبدأ تفكيكُ النشا. ولما كان الأميلاز لا يعملُ إلّا في وَسَط قَلَويّ، فإنَّ اللُّعابَ قَلَويٌّ طفيفٌ نوعًا.

المَعِدَة

حالَ وُصولِ الطعام إلى المَعِدَة، يبدأُ تقليبُه مع عُصارات المَعِدة المُنْصَبّة من غددها. وتحوي هذه العُصاراتُ حامضًا قويًّا هو حمضُ الهدروكلوريك وأنزيماتٍ عديدة؛ ويعملُ الحمضُ على قتلِ الجراثيم في الطعام ويُنشِّطُ أنزيمَ البروتياز ليقومَ بتفكيك البروتينات.

يُصنَّعُ حمضُ الهدروكلوريك في الغُدد المعديّة بتفاعل كيماويّ يُسْهِمُ فيه ثاني أكسيد الكربون والماءُ وملحُ الطعام.

الإسْتِقلابُ الهَدْميّ (التقويض)

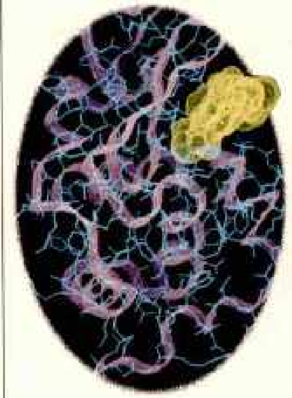
بعضُ التفاعُلات الكيماويّة في الجِسْم تُوَلِّد طاقةً. فالتنفُّس مثلًا، يُطلِقُ طاقةً بتفكيك الغلوكوز إلى جُزَيئات أصغر. وهذه الطاقةُ لا تتولَّد نتيجةً لتفكُّك روابطِ الغلوكوز بل نتيجةً لتكوُّن روابطَ أقوى في الجُزَيئات الأصغر. وتُدعى التفاعلاتُ المطلِقةُ للطاقة تفاعلاتٍ تقويضيّةً، والعمليّةُ بكاملها الإستقلابَ الهَدْميّ.

الإسْتِقلابُ البنَّاء (الإبْتِناء)

التفاعُلاتُ الكيماويّة التي تنطوي على بناءِ تراكيبَ مُختلفةٍ في الجِسْم هي تفاعُلاتٌ ابتنائيّة. وهي، بخلاف التفاعلات التقويضيّة، تستهلِكُ الطاقةَ، لا تبتعِثُها. وتستمِدُّ هذه التفاعلات الطاقةَ اللّازمةَ من جميع التفاعلات التقويضيّة في الجِسْم. فتركيب بروتينات الدّم مثلًا، ينطوي على بناءِ جُزَيئاتٍ كبيرةٍ معَقَّدةٍ من جُزَيئات بسيطة، ممّا يستنفِدُ كمّيّاتٍ كبيرةً من الطاقة. فهو إذًا تفاعلٌ ابْتِنائي والعمليّةُ نفسُها تُدعى ابْتِناء.

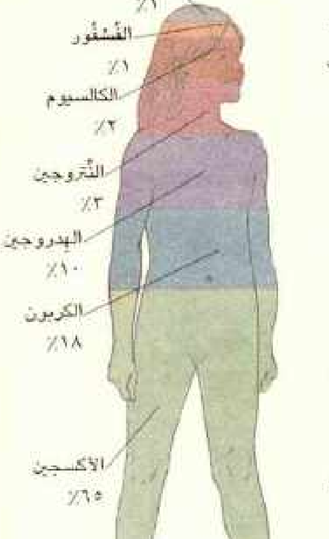
الأنزيمات

يُسَرِّعُ الكثيرَ من التفاعُلات الكيماويّة في الجِسْم بحَفّازات مُتميِّزة هي الأَنْزيمات. يختصّ كُلُّ أنزيمٍ منها بتفاعُلٍ مُعيَّن. وهذه الأنزيماتُ قادرةٌ بحذقِها على التمييز حتّى بين الجُزَيئات المُتشابِهة، فلا تُخطِئُ تفاعلاتِها. والأنزيمات حفّازاتٌ سريعةٌ وفعّالة بشكلٍ لافتٍ. وبدونها كانت التفاعلاتُ في أجسامِنا من البُطْءِ بحيث تستَحيل معَها الحياة.



العناصرُ الكيماويّةُ في الجِسْم

يتألَّفُ الجِسْمُ من عناصرَ كيماويّةٍ مختلفة ومتعدِّدة. فالأكسجين والكربون والهدروجين توجَدُ بوَفْرة في الدُّهون والبروتينات والكربوهيدرات التي تؤلِّفُ مُعظمَ أنسِجة الجِسْم. ويتواجَدُ النتروجين في البروتينات، وتحوي العظامُ نسبةً عاليةً من الكالسيوم والفُسْفور. أمّا العناصرُ النَّزْرة في الجِسْم فتشمَلُ الحديدَ، الصوديوم، البوتاسيوم، النُّحاس، الخارصين، المغنسيوم، اليود، الكلور، السليكون والكبريت. وهي رُغمَ تواجُدها بكمّيّات ضئيلة، ضروريّةٌ جدًّا للحفاظ على سَلامة الجِسْم.



الدَّم

تحوي كُريّاتُ الدّم الحُمر مُركّبًا من البروتين والحديد يُدعى اليَحْمُور (الهيموغلوبين)، وهو يتّحِدُ مع الأكسجين في الرئتين وينقُله إلى سائر خلايا الجِسْم. وعند انطلاق الأكسجين من الدّم خلال عمليّة التنفّس الخَلَويّ، يفقِدُ اليَحْمُور لونَه الأحمر الزّاهي ويُصبِحُ أرْجُوانيًّا. وفي الوقت نفسه يُعادِلُ الهيموغلوبين ثاني أكسيد الكربون (فُضالة الأكسدة) في خلايا الأنسجة ويحمِلُه إلى الرئتين حيث يُزفَرُ إلى خارج الجِسْم.



الكَبِد

الكَبِدُ مَحطّةُ القُدرة الكيماويّة في الجِسْم. فهي تفرِزُ الصفراء - السائلَ المُخضرَّ الذي يُساعِد على الهضم. وتختزنُ الكَبِدُ الغلوكوز والفيتامينات والمعادن، كما تُزيل سُمومَ الأدوية والكُحول من الدّم. والتفاعُلاتُ التي تجري في الكَبِد مُعظمُها من النوع الذي يُطلِقُ الحرارة، وهذه الحرارة تنتشر في الجسم بواسطة الدّم وتَدفُّقِها.



التنَفُّس

تتحوَّلُ الطاقةُ المُحتواةُ في الطعام إلى الطاقة اللّازمة ليقومَ الجِسْمُ بوظائفه في تفاعلٍ كيماويّ هو التنَفُّس. ويحصلُ هذا التفاعُل في كُلّ خليّة من الجِسْم بل في جميع الخلايا الحيّة في العالَم إجمالًا. هنالك نوعان من التنفُّس: الهوائي واللاهوائي؛ والتنفّس الهوائيّ يتطلّبُ الأكسجين، ويُطلِقُ الكثيرَ من الطاقة.



الأكسجين + غلوكوز ← ثاني أكسيد الكربون + ماء + **طاقة**

البندُقةُ المشتعلةُ تبْعثُ حرارةً وطاقةً ضوئيّة. وهذا التفاعُل يُشبِه التنفُّس الهوائي. ففي كِلْتا الحالتين، يتّحد الطعام مع الأكسجين لانبعاثِ الطاقة. لكنْ لا تُطلَقُ الطاقةُ داخلَ الجِسْم فَجأةً كاللَّهب، بل تُطلَق تدريجيًّا بشكلٍ كيماويّ.

التنَفُّسُ اللاهوائيّ

إذا ركَضْتَ بسُرعةٍ في سِباقٍ مّا، فإنّ عضَلاتك تستهلكُ الأكسجينَ بسُرعةٍ أكبرَ ممّا تستطيعُ رئتاكَ تزويدَه. فتلجأ خلايا العضلِ عندئذٍ إلى التنفُّس اللاهوائي لتُوفِّرَ لك طاقةً إضافيّة. وهذا التفاعُلُ لا يتطلَّبُ الأكسجينَ، لكنّه يُنتِجُ طاقةً أقلَّ مع حامض اللَّبَن.



غلوكوز ← حامض اللَّبَن + طاقة

يُسبِّبُ حامضُ اللَّبَن ألمًا وتشنُّجًا في العضَلات. لذا يأخذُ الرياضيّون أنفاسًا عميقةً في نهاية السباقِ لاستِعادة المددِ الكافي من الأكسجين وللتخلُّص من حامض اللَّبَن.

تختزن الكَبِدُ الفيتامينات وتُنظِّمُ كميّةَ الغلوكوز في الدّم، وتُنقّيه، وتُخلّصُه من البروتين الزائد.

الكَبِد

يأخذُ الدّمُ الغلوكوزَ من الكَبِد.

يسري الدّم في دورتيه إلى كُلّ أنسجةِ الجِسْم، فيحملُ الغلوكوزَ من الكَبِد والأكسجين من الرئتين، وهما المادّتان اللتان تحتاجُهما كُلُّ خليّة لتفاعُل التنفُّس. وهذا يُطلِقُ كاملَ الطاقةِ التي يحتاجُها الجِسْم.

تُفرَّغُ الفضلات الجامدة.

يَمُرّ كاملُ دمِ الجِسْم ليُرشَّحَ في الكُلْيتين عشرينَ مرّةً في الساعة. أمّا الفضلاتُ المُذابة، أي البَوْل، فتنساب إلى المثانة.



الكُلْيتان وظيفتُهما تنظيفُ الجِسْم وتخليصُه من الفضلات. فتقوم ملايين الكُلَيونات (الوحدات الكُلويّة الصغيرة) بإزالةِ السُّموم والفضلات من الدّم.

لمزيد من المعلومات انظُر

الحفّازات ص ٥٦
كيمياءُ الأغذية ص ٧٨
الهضم ص ٣٤٥
التنفُّس الخلَويّ ص ٣٤٦
الدّم ص ٣٤٨
البيئة الباطنيّة (في الأحياء) ص ٣٥٠

كيمياءُ الأَغذية

لعَلَّ عددَ الكيماويّاتِ في طعامٍ تأكلُه يفوقُ ما يُمكِنُ أن تجدَهُ في مُختَبَر. والكثيرُ من هذه الكيماويّات ضروريٌّ للحَياة كالبروتينات والكَرْبوهِدْرات والألياف والدُّهون والڤيتامينات والمعادن والماء؛ وجميعُها من أساسيّات الغذاء الصِّحّيّ. هنالكَ أيضًا كيماويّاتٌ مُنَكِّهَةٌ للطعام وأُخرى أَزيَدُ تَلَوُّنَه. ويُقَدِّر العلماءُ أنَّ المادة الزيتيةَ في قِشْرة البُرتقالة وحدها تحوي قُرابة ٥٠ مُرَكَّبًا كيماويًّا مُختلِفًا. عند طَهي الطعام، تحدُث تفاعلاتٌ تُغيِّرُ من طبيعة تلك الكيماويّات. والواقع أنَّ في الطبخ والكيمياءِ أُمورًا عديدةً مُشتركة؛ فالكثيرُ من العمليات المُستخدَمَة في كليهما كالتسخين والمَزْج والتَّرشيح عملياتٌ مُتماثلة.

هذا جُزَيءٌ من عُشْبة المَرْدَقُوش العَطِرة يحوي ١٠ ذرّات من الكربون و١٤ من الهدروجين وذرّة واحدة من الأكسجين.

ذرّة كربون

ذرّة هدروجين

ذرّة الأكسجين



البيتْزا الكيماويّة

البيتْزا في حَقيقتها صحنٌ من الكيماويّاتِ مُعظمُها من المُغذِّيات المفيدة. والمئاتُ من الكيماويّات المُختلفة في البيتزا ذاتُ صِيَغٍ مُعقَّدة جدًّا. أُنْظر مثلًا صِيغةَ التركيب المُعقَّدة، أعلاه، التي تُكسِبُ عُشْبةَ المَرْدَقوش نكهَتَها المُميَّزة.

إخْتِبارُ (الكشف عن) البروتين

يَختبِرُ العُلماءُ الطعامَ للكشفِ عن وُجود البروتينات بِهَرْس عيِّنةٍ منه في الماء وإضافةِ محلول هِدروكسيد الصوديوم المُخَفَّف مَتبوعًا ببِضْعَةِ قَطَرات من محلول كبريتات النُّحاس. فإنْ تغيَّرَ لونُ المحلول من الأزرقِ الفاتح إلى الأرجواني الشاحب دَلَّ ذلك على وُجود البروتين في الطعام.



البروتين غيرُ موجود

البروتين موجود

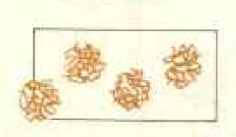


إخْتِبارُ (الكشف عن) الدُّهون

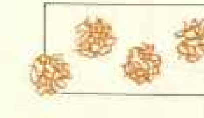
جُزَيئاتُ الدُّهون ضَخمةٌ تحوي الكربون والهدروجين والأكسجين. وتتوافرُ الدهونُ في بعض الأغذية كالجُبن والفُستق والزُّبْد. ويمكنُ الكَشْف عن الدُّهن في عيِّنةٍ غذائيّة بِرَجِّها في الإيثانول الذي يُذيبُ الدُّهنَ ويَبْقى محلولًا صافيًا. ثُمّ يُصَبُّ هذا المحلول في أنبوب اختبار يحوي القليلَ من الماء. وحيث إنّ الدُّهون لا تذوب في الماء فإن الماءَ يتربَّدُ بقُطيرات الدُّهن الصغيرة إذا احتوتْهُ العيّنة.

الدُّهن غيرُ موجود

الدُّهن موجود

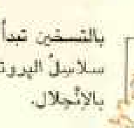


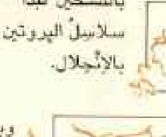
سلاسِلُ البروتين في بيضةٍ نيئةٍ بيِّنَةٌ مُنتظمةُ اللولبة.





بالتسخين تبدأ سلاسِلُ البروتين بالانْحِلال.





وبانْحِلالها تتشابَكُ السلاسِلُ بعضُها مع بعض فتكوِّنُ شبكةً جامدة.

البرُوتينات

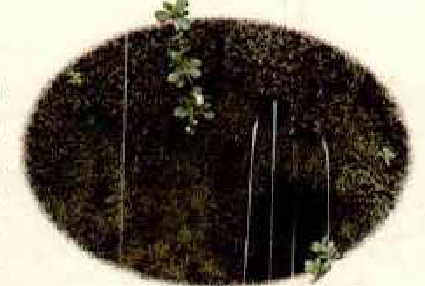
البرُوتيناتُ كيماويّاتٌ بانيةٌ للأنسجة الحيّة تتوافرُ في عديدٍ من الأغذية كالبَيْض واللَّحم والجَوْز واللَّبَن والبقول. وهي تتألَّفُ من ذرّات الكربون والنتروجين والكبريت والأكسجين والهدروجين. وتتضامُّ بعضُ الجُزَيئات البروتينيّة في سلاسلَ لَوْلَبيّة طويلة. فإذا طهوتَ بَيْضةً مثلًا، تبدأ جُزَيئاتُ البروتين بالتحلُّل من سلاسلها، ثُمّ تتشابكُ بعضُها مع بعض في شبكةٍ جامدة؛ وهكذا يَصيرُ آحُ البَيْضة البروتيني جامدًا عند القَلْي أو السَّلْق.





كيماويّاتُ البَصَل

لماذا تَدْمَعُ عَيْناك عند تقطيع البَصَل؟ السببُ هو أن البَصَلَ يحوي بعضَ المركّباتِ الكِبْريتيّة الغريبة التي تتفاعل مع أكسجين الهواء لتُكَوِّن كيماويّاتٍ حادّةَ الرائحة تسيِّل الدَّمعَ من العينين. وقد اكتشفَ العلماءُ مُؤخَّرًا أنَّ مثلَ هذه المركّبات الكبريتيّة قد تُفيدُ في مُعالجة الرَّبْو.



المعادِن

المعادنُ موادُّ لاعُضويةٌ، الكمِّيّاتُ القليلةُ من بعضِها ضروريةٌ في وَجَباتنا. هذه المعادنُ الحاويةُ لعناصر الكالسيوم والحديد والبوتاسيوم والمغنسيوم يُذيبها الماءُ من التربة، فتمتصُّها جُذورُ النباتات الناميةِ في التُّربة. وحينَ نأكلُ تلكَ النباتاتِ فإنّنا نتزوَّدُ أيضًا بما تحتويه من مَعادن.

الفيتامينات

الفيتامينات مجموعةٌ متنوّعةٌ من المواد العُضوية ضروريّةٌ جدًا، بكمّيات ضئيلة، لِسَلامة النمُوّ وصحة الجِسْم والعَقْل. وهي مُتوفّرةٌ في العديد من الأغذية كالحمضيّات (فيتامين ج) والخضار (فيتامين أ وَ ك) والجَزَر (فيتامين أ) وخبز الدقيق بأكمله (فيتامين ب) والسَّمَك (فيتامين د).

فيتامين ج غيرُ موجود

فيتامين ج موجود

الحِفظُ بالليمون الحامِض

الفواكهُ المُقطّعةُ حديثًا، كالتُفّاح والمَوز، تَسمَرُّ بتعَرُّضها للهواء نتيجةً لتفاعُلِ كيماويّاتها مع الأكسجين. ويُسَرِّعُ هذا التفاعُلَ أنزيمٌ في الفاكهة نفسها. ولما كانت الأنزيماتُ حسّاسةً جدًّا لتغيُّرات الحَمْضيّة، فإنّ تفاعُلَ الإسْمِرار يُمكِنُ تبطئتُه بإضافة عصير الليمون إلى الفاكهة المُقطّعةِ حديثًا.

إختبارُ رُوتَر لفيتامين ج

إختبارُ رُوتَر يعتمدُ على إزالة زُرقة كاشفه (ثاني كلور الفينول إندو فينول). فإذا حَصَل هذا التغيُّر بإضافة عَيِّنة من الطعام (مَهروسة في الماء) إلى الصِّبْغ المذكور، يكُونُ الفيتامين ج موجودًا في الطعام.

حِفْظُ الأغذية

تفسُدُ الأغذية الطازجة، كالسَّمَك، بسُرعة إذا تُرِكَتْ مُعرّضةً للهواء، لأنّ المكروبات (الجراثيم) المؤذية تبدأُ بالتكاثُر فيها وعليها. ويمكِنُ حِفْظُ الأغذية بقَتْلِ تلك المكروبات أو تثبيط نمائها بإحدى الوسائل المعروفة التالية: التجميد، التمليح، التدخين أو التخليل. أما إبادةُ كُلِّ الجراثيم في الطعام فتتِمُّ بإحدى طريقتين: التسخين (حوالى ١٦٠° س) أو التشعيع.



تُدخَّن الاسماكُ فوق نار الحطب، فحرارةُ النار وكيماويّاتُ الدُّخان تُبطِّئُ وتُثبِّطُ تنامي المكروبات. كما يُضْفي التدخين نكهةً على الطعام ويُغيِّر اديمتَهُ.

إختبارُ (الكشف عن) النّشا

يُمكِنُ الكشْفُ عن النّشا بهَرْس عَيِّنةٍ من الطعام في الماء وإضافة بضع قطراتٍ من محلول اليُود. فإذا تحوّل اللونُ إلى زُرقةٍ مُسوَدّة يكونُ النّشا موجودًا في الطعام.

النّشا غيرُ موجود

النّشا موجود

المُعكرونة والبطاطا والأرُز جميعها تحوي النّشا.

حُبَيبات النّشا، في الماء، مُكبَّرة ٦٠ مَرّة.

السُّكَّريّات

حَلاوةُ المُرَبّيات والكعك ناجمةٌ عن السُّكّريّات المختلفة. وهي كيماويّاتٌ تتألّف من الكربون والهدروجين والأكسجين. أبسَطُ أنواع السُّكّريّات هو الغلوكوز، وصيغتُه الكيماويّة $C_6H_{12}O_6$. ومن السُّكّريّات البسيطة أيضًا اللكتوز (سُكّر اللّبَن) والفَرْكتوز (سُكر الفاكهة). ولم يعُدِ السُّكّرُ اليومَ مادةً للمطبخ فقط، فقد بدأ الكيماويون الصناعيُّون يحوّلونَه إلى كيماويّات صناعيّة تُستَخدمُ في صُنْع الدِّهانات والمنظّفات.

النّشا

المأكولاتُ النّشويّة، كالخُبْز والبَطاطا والأرُز والمعكرونة تتألف من جُزَيئاتٍ سُكّريّةٍ مُترابطةٍ معًا في سَلاسِلَ طويلة - فالنّشا والسُّكّر هما من الكَرْبُوهِدرات. يُضافُ نَشا الطّحين لتغليظ الصلصات والمَرَق؛ فعند تسخين حُبيبات النّشا في الماء، يدخلُها بعضُ الماء فيُباعِدُ بين جُزَيئات النّشا المنفردة - فتنتفِخُ الحُبَيباتُ حتى تنفجر ناشرةً جُزَيئاتِ النّشا في السائل المُحيط فيتغلّظ.

كَرْمَلَةُ (أو تعصيد) السُّكَّر

عند إحماء السُّكّر تبدأُ جُزَيئاتُه بالتفكُّك وينطلِقُ منها الماء. فإذا استمرَّ الإحماءُ يتكرملُ السُّكّر ليُصبِح عصيديًا لزجًا مُسْمَرًّا. وتُستخدمُ الكرمَلاتُ في تلوين الخَلّ والصلصات وبعض المأكولات الأخرى.

سُكّر مُكَرْمَل (مَحْروق)

السُّكّر غيرُ موجود

السُّكّر موجود

إختبارُ (الكشف عن) السُّكّر

يُمكِنُ الكشْفُ عن السُّكّر في الطعام بهَرْسِ عَيِّنةٍ منه في الماء وإضافةِ قليلٍ من محلول بنِدِكت الأزرق إليها. فإذا تغيّرَ اللونُ إلى بُرتقاليّ مُسمَرّ عند إحماء المزيج، يكون السُّكّر موجودًا في الطعام.

مأكولاتٌ سُكّريّة

سُمُومُ المأكولات

تحوي بعض المأكولات طبيعيًا كمّيّاتٍ قليلةً من السُّمُوم - تُمرِض إذا ما أُخِذَتْ بجُرعات كبيرة. فالموز يحوي مادةً كيماويّةً قد تُسَبِّبُ الهَلْوَسة. والبطاطا الخضراء تحوي السولانين وهو سُمٌّ يُسَبِّب ألم المَعِدَة. ويحوي الجُبنُ النضيجُ مادةَ التيرامين الوثيقةَ العلاقة بهُرمون الأدرينالين في أجسامنا، فتؤثّرُ في سُرعةِ النَّبْض وتُسبِّب الكوابيس.

لمزيد من المعلومات انْظُر

الكيمياءُ العُضويّة ص ٤١
التحليلُ الكيماويّ ص ٦٢
كيمياءُ الجِسْم البشريّ ص ٧٦
الاخْتِمار ص ٨٠
صناعة الأغذية ص ٩٢
الغذاء ص ٣٤٢
الاغتذاء ص ٣٤٣

الاِخْتِمار

مِنظَرٌ مُكبَّرٌ لخلايا الخَميرة

عُرِفَ الاِخْتِمارُ منذ آلاف السنين في صُنْع الخُبزِ واللَّبَن الرائب والجِعَة والنَّبيذ. واليوم، إضافةً إلى استخدامه في صُنْع الأغذيةِ والمشروبات الكحوليَّة يُستخدم الاختِمارُ في صُنعِ الأدوية كالپنسِلين، والكيماويّات كالميثانول وحامض السِّتريك. والاِختمارُ عمليَّةٌ كيماويَّةٌ تقوم بها مَتعضِّياتٌ مِجهريَّةٌ تدعى الخَمائر، وهي تنمو بتحويلِ سُكَّرِ الأغذية، وخاصَّةً سُكَّر الفواكه والحبوب، إلى كحول وثاني أكسيد الكربون. ويحتَملُ أنَّ اكتِشافَ الاِختِمار كان صِدفةً في فواكهَ أو حبوبٍ اختُزِنَتْ في أوعيةٍ مُقفلَة. والخمائرُ هي من المِكروبات المُفيدةِ المأمونة المستخدمة على نِطاقٍ واسِع. وهي كغيرها من المِكروبات قادرةٌ على العيش في كُلِّ مكانٍ تقريبًا. لكنْ ليسَتْ كُلُّ المِكروبات صالحةً للأكل - فالكثيرُ منها مُؤذٍ وسامّ.

صُنْعُ الخُبز

الخميرة هي أحدُ مُقوِّمات الخُبز. فبعدَ عمليَّة العَجْن يُوضعُ العجينُ في مكانٍ دفيء، حيثُ تتنفَّسُ الخميرةُ الأكسجينَ هوائيًّا، مُغتذيةً بالسُّكَّريّات - مفكِّكةً إيّاها إلى ماء وغاز ثاني أكسيد الكربون ينتفخُ به العجين. وعندَ الخبز تُقتلُ الخميرةُ ويتمدَّدُ ثاني أكسيد الكربون وبُخارُ الماء فيُكسبا الخُبْزَ نَسْجةً إسفنجيَّة. أما الخُبزُ المُحضَّرُ من عجينٍ بلا خميرة فلا ينتفِخُ بالخبز ويُدعى فَطيرًا.




يتَّحدُ بعضُ البروتينات في الطحين، بعد إضافة الماء وعجن العجين، مُكوِّنًا شبكةً قويّةً ومطّاطة من الجُزَيئات.



الاِختِمارُ الأوَّل

كانَ المصريّون القدماءُ أوَّلَ من صنع الخبزَ الخمير منذ ٥٠٠٠ سنة. وكانوا يحتفظون دومًا ببعضِ العجينةِ المختَمِرةِ ليضيفوها إلى العجنة التالية لِتخميرِها. ولا يزالُ أهلُ الأرياف يستخدمون الوسيلة نفسَها في تخمير عجَناتِهم.

الخمائر مُتعضّياتٌ مِجهريَّة، تنمو على سُطوح الفواكه الخارجيَّة كالعِنَب والتُّفّاح وتغتذي بالسُّكَّريّات، وتنقسم خلايا الخميرة بسُرعةٍ أثناء اغتذائها.

الغازُ المنبعث يسري عَبْرَ الأنبوب إلى ماء الجير

يتَرَبَّدُ ماءُ الجير الصافي بالغاز المُنبعث، وهذا دليلٌ على أنّ الغاز هو ثاني أكسيد الكربون.

سِدادٌ مُسيك للهواء

تَحوِّلُ الخميرةُ السُّكَّر إلى كحول يبقى في القارورة وغازٍ هو ثاني أكسيد الكربون.

تكَوُّنُ فقاقيع الغاز

مَزيجُ الخميرة مع الماء الدفيء والسُّكَّر.

الخَميرة

إذا تُرِكَ مزيجٌ من الخَميرة والسُّكَّر والماء الدَّفيء جانبًا، تظهرُ فقاقيعُ من الغاز عند اعتِمال الخميرة. وإذا أُمِرَّ هذا الغازُ في ماء الجير (محلول الكالسيوم في الماء)، يَربَدُّ ماءُ الجير الصافي بتكوُّن كربونات الكالسيوم غير الذوّابة في الماء. وهذا بُرهانٌ على أنّ الغاز هو ثاني أكسيد الكربون. إنَّ تنفُّسَ الخمائر هو تنفُّسٌ لاهوائي - يعني أنَّها تغتذي بالسُّكَّر مُباشرةً - مُحَوِّلةً إياه إلى كُحولٍ، يبقى في القارورة، وغازٍ هو ثاني أكسيد الكربون.

الكُحول

في ظروف التهوية العاديَّة تنتِجُ الخمائرُ الماءَ وثاني أكسيد الكربون بالتنفُّس الهوائي (كما في صُنْع الخُبز). أمّا في ظروف انعدام التهوية فإنّها تلجأ إلى التنفُّس اللاهوائي مُنتجةً الكحُول وثاني أكسيد الكربون. لذا تُخمَّرُ المشروباتُ الكحوليَّةُ في أوعيةٍ مُقفَلَة. والمعروفُ أنّه عندما ترتفعُ نِسْبةُ الكحولِ في المحلول إلى قُرابة ١٤٪، تتسمَّم الخمائرُ ويتوقف التخمير. وهكذا لا يمكِنُ صنعُ مشروباتٍ كحوليَّةٍ يزيد مُحتواها من الكحُول على ١٤٪ بطريقة الاختِمار فقط.



المُلبِّنات مُكبَّرة.

الجُبْن الأزرق

يُضافُ نوعٌ خاصٌّ من عَفَن البِنسلين إلى الجُبْنِ الأزرق ليكسِبَه لونَه وطعمَهُ المميَّزَين. وخلال عمليَّة نُضج الجُبْن تُحدَثُ فيه ثقوبٌ صغيرةٌ، بإبَرٍ من الفولاذ الذي لا يَصدأ، لِضَمانِ وُجودِ كمّيَّةٍ كافيةٍ من الأكسجين لِنمُوِّ العَفَن.

اللَّبَنُ الرّائب

يُحضَّرُ اللَّبَنُ الرائبُ بإضافة بكتيريا مُعيَّنةٍ (المُلبِّنات) إلى اللَّبَن وتركِه يَختمِرُ لاهوائيًّا. فتتكاثر البكتيريا وتَغلُظُ اللَّبَن خافضةً مُحتوى السُّكَّر فيه بتحويل سُكَّر اللَّبَن (اللكتوز) إلى حامض اللَّبَنيك. لذا فإنَّ طَعْمَ اللَّبَن الرائب الطبيعي حذيقٌ.

لمزيد من المعلومات انظر

كيمياءُ الجِسْم البشري ص ٧٦
كيمياء الأغذية ص ٧٨
المُتعضِّياتُ الوحيدةُ الخليَّة ص ٣١٤
الفُطريّات ص ٣١٥
التكاثُر اللاجِنْسيّ ص ٣٦٦

المَوادّ

تخيَّلْ أنَّك تَنْتَعِلُ حِذاءً من الخَرسانة أو تركَبُ درّاجةً من الزُّجاج! إنَّ ذلك عَسيرٌ وخطِرٌ حَقًّا. هاتانِ مادَّتان فقط من الموادِّ الكثيرة التي نَستخدِمُها في حياتنا اليَوميَّة - لكن طبعًا ليسَ لِلمَشي ولا لِصُنع الدرّاجات! إنَّ مُعظمَ ما يُحيط بنا من موادَّ هي موادُّ مُحوَّلةٌ عَمَّا كانت عليه في حالتها الطبيعيَّة، التي هي أصلًا مَوادُّ من الأرض أو الماء أو حتّى من الهواء. فالعمليّاتُ الكيماويةُ تُحَوِّل الموادَّ الخامَ هذه إلى مَوادَّ ذاتِ خصائصَ مُعيَّنةٍ يتسَنَّى لنا استخدامُها. فموادُّ مَلابسِنا، مثلًا، مُصنَّعةٌ من أليافٍ لَيِّنةٍ مَطّاطيَّةٍ مقاوِمةٍ لِلحتِّ تجعَلُها مُريحةً ومَتِينة.



تُصنَعُ قُبَّعةُ الرياضة من القُطن، فتبقى مُهوّاةً باردة.

النظّاراتُ الشمسيَّة المصنوعة من الكيماويّات النفطيَّة خفيفةٌ ومأمونةُ الاستعمال.

يُصْنَعُ إطارُ مِضْرب التّنِس من لَدينة تحوي الغرافيت ومِقبَض مُغطًّى بالجِلْد الاصطناعي، وأوتارٍ لدائنيَّة مُصنَّعة.

تُصنَعُ جواربُ الرياضة من الألياف الطبيعيَّة لحفظ القدمَين مهواةً باردة.

الخَشَبُ مادَّةٌ طبيعيَّة صُلْبة تُتَّخذُ من الأشجار.

تُصنَعُ ملابسُ الرياضة من موادَّ قويَّةٍ ومُريحةٍ كالقُطن والبوليستر والنيلون.

يتألَّفُ الورَق من أليافٍ طبيعية مَصدرُها الأشجار.

تُصنَعُ احذيةُ الرياضة من الجِلْد او القُماش المتين وتجهَّزُ بنِعالٍ مَطّاطيَّةٍ مَرِنة.

تُصنَعُ كُراتُ التّنِس من المطّاط والنيلون والألياف الطبيعيَّة.

مَوادُّ مُسْتَخدَمة في لُعْبَة التّنِس

تتلاءَمُ جميعُ المواد المُسْتَخدَمةِ في لُعبة التّنِس تمامًا مع وظيفة كُلٍّ منها. فالمَضارِبُ متينةُ التصميم قويَّةٌ كي تتمَكَّن من صَدِّ الكُرات المُنطلِقة بسُرعة فائقة، والكُراتُ مصَنَّعةٌ من موادَّ متينةٍ مَرِنةٍ لا يُمزِّقُها الارتطامُ بالمِضْرب أو بأرضِ الملعب. كذلك فإنَّ أحذيةَ التّنِس وأرضَ المَلعب مُعالَجة ومصممةٌ لمقاومة الحَتِّ أو البَري الناتج عن تراكُض اللاعِبين في طُول الملعب وعَرْضه.

الفَخّاريّات



مُنذُ حَوالى ٧٠٠٠ سنة، اكتشفَ الناسُ إمكانيَّةَ تحويل الطينِ بالإحماء إلى مادة صُلْبة قَصِفَة. فبتشكيلهم الطينَ قبل الشَّيِّ، استطاعوا صُنعَ القَصعاتِ والأكواب والجِرار لحفظ طعامهم وشرابهم. فكان الفَخّارُ (أو الطينُ النضيجُ) أحدَ أوَّلِ الموادّ التي صنعها الإنسان.

استِخْراجُ الحديد

منذُ ٣٥٠٠ سنة اكتشفَ الحِثّيون، سُكّانُ ما يُعرَفُ اليومَ باسم تركيا كيفيَّةَ استخراج الحديد. ويتلخَّصُ سِرُّ طريقتِهم بإحماء خاماتِ الحديد مع فَحم الخشَب المُحترق، فيحصلونَ على المعدنِ (الحديد المُطاوع) بلُيونةٍ تسمَحُ بتَطْريقهِ عُدَدًا وأسلِحة.

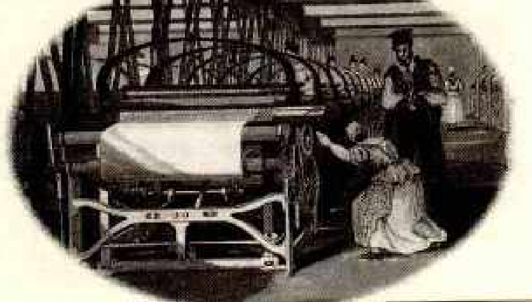
من الحديد إلى الفُولاذ

لم يكُن صُنّاعُ المعادنِ الأوائل يجهلونَ أنَّ الكربون يُصَلِّدُ الحديد. عامَ ١٧٤٠، ابتكرَ المعادنيُّ البريطاني، بنجامن هَنتسمان، طريقةً لِضبط كمِّيَّةِ الكربون المناسِبة لإنتاج معدنٍ مُتميِّزٍ قويٍّ من الحديد يُدعى الفُولاذ. ويُستَخدمُ الفولاذُ الآن في تصنيع سِلْسِلةٍ لا حَصْرَ لها من المُنتَجات مِنَ الإبَرِ إلى هياكل السيّارات.



عَصْرُ اللَّدائن

في الخَمسينيّات من القَرن التاسع عَشَر، صنَّعَ الكيماويُّ البريطاني، ألكسندر باركس، أوَّلَ مادةٍ لَدائنيَّة. واليومَ تصنَّعُ اللدائنُ المختلفة من الكيماويّات النفطيَّة، وتستَخدمُ في صناعة اللُّعَب والكثيرِ من المُنتَجات المنزليَّة كالكراسي والعُلَب والأطباق وغيرها.



مَكْنَنةُ صِناعة القُماش

منذُ عام ٨٠٠٠ ق.م. عَرِف الناسُ غَزْلَ الألياف الطبيعيَّة وحياكَتَها بِشَكلٍ أو بآخر لِصُنع القُماش. وفي أواخِر القَرْن الثامنَ عَشَر، اخترعَ الأوروبيون مَكَناتٍ لِلغَزْل والحياكة تعملُ بالقُدرة البُخاريَّة.

صِناعةُ الكيماويَّات

الموادُّ المُصَنَّعة كيماويًّا تُحيطُ بنا حيثما نكون، بَل إنَّ بعضَها يتواجدُ في داخِلنا أيضًا. ويتفاوتُ مدى هذه الموادِّ الشاسِع من دِهَانات السيّارات إلى مختلف أنواع المأكولات. وتُصَنَّعُ كُلُّ مادةٍ أو مجموعةِ مواد في وَحْدَة صناعيَّة خاصَّة؛ فتُعالَجُ الموادُّ الخام، كالمعادِنِ والنفط والماء والفحم والغاز وكثير سواها، بتفاعُلاتٍ كيماويَّةٍ تُحوِّلُها إلى موادَّ مُفيدةٍ تُنْقَل إلى مختلف أقطارِ العالَم ليستخدمَها الناسُ ويَنْعَموا بفوائدها. والمُنشآتُ الصناعيَّة الكيماويَّةُ هذه عاليةُ التكلفة بِناءً وتَشغيلًا؛ وهي تَشَكِّلُ إحدى أكبر الصناعات في العالَم، وتستهدفُ تقديمَ مصنوعاتِها المُفيدة والمُتنوعةِ بأسعارٍ في مُتناول الجميع.

في خطّ الأنابيب

تَنْقُلُ الأنابيبُ المُتَمايِزة الألوانِ السوائلَ والغازاتِ الكيماويَّة والبُخارَ والماءَ المُبَرَّدَ إلى مختلفِ أنحاء المصنع الحديث.

الطَّاقة تُوَفِّر القُدرة اللّازمة لتشغيل المصنع.

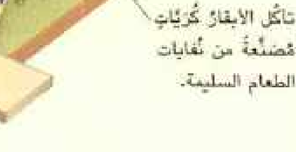
يُراعَى في اختيار موقع المَصْنع وَفرةُ الموادِّ الخام وسُهولة انتقال العُمّال والبضائع.

يُخَزَّن فائضٌ من المواد الخام قُربَ المَصنع.

عُمّالُ المصنع هم من سُكّان المناطق المجاورة غالبًا.

مَوْقِعُ المَصْنَع

يجبُ أن تتوافَر احتياجاتُ المَصْنَع من موادَّ خام وطاقةٍ وماء على مقربةٍ من موقعه ليعمل بفعاليَّة. ويُراعى في اختيار الموقع أيضًا توافرُ سُبُلِ النَّقل والمواصلات القليلة التكلفة لتصريف المُنتَجات. أمّا النُّفايات والفَضَلاتُ فينبغي تصريفُها بعنايةٍ بالغة - فقد يُباعُ بعضُها لإعادة التدوير وتَصْنيع موادَّ مفيدة أخرى؛ وما لا يصلحُ منها للبيع يُعالَج لتلافي ضررِه وأخطاره.

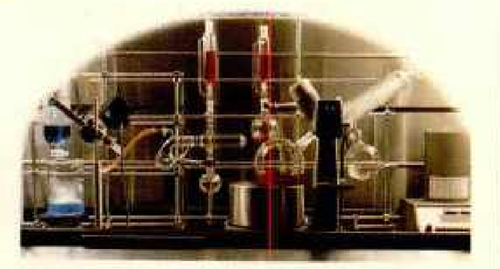


تأكُل الأبقارُ كُرَيّاتٍ مُصَنَّعةً من نُفايات الطعام السليمة.

يُعادُ تدويرُ بعض الفَضَلات والنُّفايات لتصنيع مُنتَجاتٍ أُخرى.

مَرْكَبٌ لنَقل المواد

قُربُ المَوقِعِ من طُرُق المواصلاتِ البرّيّة والنهريَّة ضروريٌّ لِشَحْنِ المواد بسُرعة وفعاليَّة.

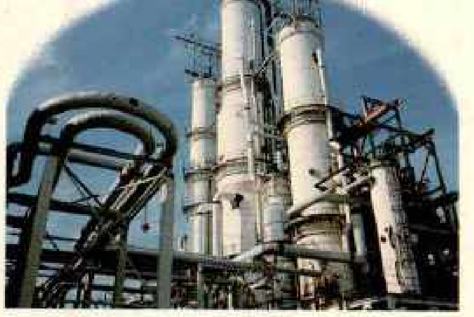


السَّلامةُ العامَّة

التفاعُلاتُ الكيماويَّة قد تُنْتِجُ أدخِنَةً سامَّةً أو تُسَبِّبُ حرائقَ وانفجارات. وللوقايةِ من هذه الأخطار تُجهَّزُ المصانعُ بمعدّاتِ الأمان وأنظمة الإنذار، ويزوَّدُ العاملونَ بالملابس الواقية وتعليماتِ التصرُّف السليم في حالات الطوارئ.

نَمُوذَجٌ مُصَغَّر

قَبْلَ بناءِ المَصْنَع الكيماوي، يُصَمَّمُ له نموذَجٌ مُصَغَّر اختِباريّ، وتمرَّر الكيماويّات في أجهزته الزُّجاجيَّة لمراقبة مختلف مراحل العمليَّة وأجهزتها والتأكُّدِ من سلامتها وصلاحيتها. وحين يتأكَّدُ للعُلماءِ ذلك يُصارُ إلى تشييد المَصنع بالحجمِ الحقيقي.



من النموذج إلى الأصل

عندما تنجحُ تجاربُ النموذج المصَغَّر، ويتمُّ تقصّي إمكانيّةِ إنتاج المادةِ المطلوبة بتكلفةٍ زهيدة، يُكَبَّر قياس تجهيزات النموذج وعمَليّاته لإنشاء المَصْنَع الحقيقي.

لمزيد من المعلومات انْظُر

التفاعُلاتُ الكيماويَّة ص ٥٢
الماء - مُعالجتُه وصناعاتُه ص ٨٣
التلوُّث الصِّناعيّ ص ١١٢
مَصادِرُ الطَّاقة ص ١٣٤
حقائقُ ومعلومات ص ٤٠٦

الماءُ - مُعالجَتُه وصِناعاتُه



يستطيعُ الإنسانُ العيشَ بدون ماءٍ قُرابةَ ستةِ أيام، لكنّ الصّناعات في مُعظمِها تتوقّفُ فورًا عن العَمل بِدونه. فالصناعةُ بحاجةٍ إلى كمّيّات كبيرةٍ من الماءِ لِتَصنيع كُلّ ما نَستخدمُه تقريبًا من موادّ. ففي كُلِّ يوم، تَستَهلكُ الصناعاتُ في العالَم من الماء أربعةَ أضعاف ما يستهلِكُه جميعُ الناس في منازلِهم. المَطرُ هو المَصدرُ الرئيسيُّ لِكُلِّ هذه المياه، لكن يجبُ تَنقيتُها قبلَ الاستعمال. فالمطرُ المتساقِط على الأرض ينسابُ في جداولَ وأنهار، أو يَغُورُ في الأرض إلى الطبقات الصخريَّة. وهكذا، يَلْتَقِطُ الماءُ، في مَساراته المختلفة، جُسَيماتٍ صغيرةً من الصخر أو بكتِريا من التُّربة أو كيماويَّاتٍ مُذَابةً من أيِّما شَيءٍ تقريبًا يمُرُّ به أو فوقه.

إزالةُ المُلُوحَة (التَّحلية)

في بعضِ مناطقِ العالَم حيثُ تشِحُّ الأمطارُ (كما في مِنطقة الشرقِ الأوسط) يحصلُ الناسُ على الماء من البحر بالتحلية. فبإحماء ماءِ البحر تحت ضغطٍ خفيض، يتبخّرُ الماءُ النَّقيّ فقط، فيُكثَّف في أحواض التجميع. أما الملحُ فيبقى كمحلول مُركّز (يعادُ إلى البحر عادةً).

يَمُرُّ الماءُ عَبْرَ طبقاتٍ، من الرَّمْل والحَصَى، تحتبِسُ ما به من أوساخ.

في المرَشّح الكيماويّ يُضافُ الشّبُّ (كبريتات الالومنيوم) والجِير (هدروكسيد الكالسيوم)؛ فينتجانِ مادّةً لزِجة (هي هدروكسيد الالومنيوم) تحتبسُ مُستَعلقات الماء وترَسّبُها.

يُحتَجزُ الماء خلفَ سَدّ التجميع.

ابراجُ خزّانات الماء

البكتريا التي تبقى بعدَ عملياتِ الترشيح تُبادُ في خزّانات التماسّ بغازِ الكلور الذي تُنثَرُ فقاقيعُه عَبْرَ الماء مدّةَ ساعة تقريبًا.

تَنقيةُ المياه

الأنهارُ والبُحَيرات والآبار الجَوفيّةُ هي خزّاناتُ المياه الطبيعية، لكن يمكِنُ تخزينُ كميّاتٍ كبيرة منها في خزاناتٍ اصطناعيّة تقامُ على مقربةٍ من المَصانع والمنازِل. قَبلَ الاستعمال تُنقّى مياهُ الخزّان بتمريرها أوّلًا عَبْرَ مِصْفاةٍ كبيرة، لإزالة الأجسام الغريبة كالنُّفايات والأوساخ العالِقة فيها؛ ثمّ تُرشَّحُ في مُرشّحات ضخمةٍ من طبَقاتِ الحَصَى والرَّمل والكيماويّات لإزالة الجُسَيمات الأصغر التي قد تَحُتُّ دَواخلَ جدران الأنابيب أو تلحقُ الضَّررَ بالتجهيزات الصناعية، أو تُعكِّرُ مياهَ الشُّرب. أمّا البكتِريا والفيروسات المُمرِضة (أو المميتة أحيانًا)، فتعالَجُ بنفثِ فقاقيعَ غازاتٍ سامّةٍ لها في الماء كالكلور والأوزون.

لمَنْع البكتِريا من إعادة تلويث الماء، تُترك فيه مقادير قليلة من الكلور عندما يُضَخّ إلى المنازل.

ما كُلُّ الصناعات بحاجة إلى ماءٍ نقيٍّ جدًّا، فبعضُها، كمحطاتِ توليد القُدرة، يمكنها استعمالُ المياه غير النقيّة من الانهار أو من البحر مُباشرةً.



تُستخدَمُ كميّةٌ ضخمة من الماء في تَصْنيع سيّارة.

استِخدامُ الماء في الصّناعة

تَستخدِمُ الصناعةُ كمّيّات كبيرة من المياه لِتبريد الأفران حيثُ تجري العمليّاتُ الكيماويّة المطلِقةُ للحرارة، أو لِتوفير الوَسَط المناسب لحدوث شتى التفاعُلات، أو في توليد البُخار لإدارة مِضخّة أو مُوَلّدٍ كهربائي. والماءُ كذلك مُذيبٌ فعّال لكثيرٍ من الموادّ، مُحَوِّلًا إياها إلى محاليلَ مُخَفَّفة سهلة المُتناوَل؛ كما يُستَخدمُ لِتنظيف الموادّ والمعدات والموقع.

شراب الليمون دوش فولاذ سيّارة

حَقائقُ مائيّة

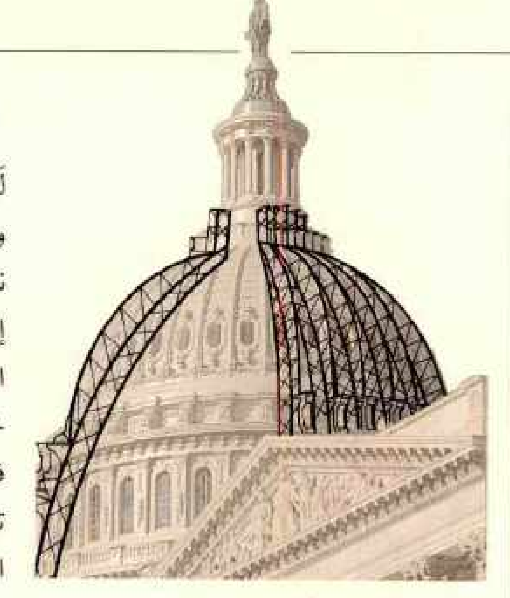
تَصْنيعُ سيّارةٍ واحدة يتطلّبُ ٣٠،٠٠٠ لِتر من الماء، ويتطلّبُ تحضيرُ طَنٍّ واحد من الفولاذ ٤٥٠٠ لِتر. بالمُقارنة فإنّ الدوش يَستهلكُ قُرابةَ ٣٥ لِترًا من الماء، واللتر الواحد من شراب الليمون (المُركّز) ٨ لِترات من الماء.

لمزيدٍ من المعلومات انظر

تغيُّرات الحالة ص ٢٠
المحاليل ص ٦٠
فَصْلُ المزيجات ص ٦١
كيمياءُ الماء ص ٧٥
صناعةُ الكيماويّات ص ٨٢
حقائق ومعلومات ص ٤٠٦

الحَديدُ والفُولاذ (الصُّلْب)

لَولا الحديدُ والفولاذُ ما كانَ يتيسَّرُ لنا تَصْنيعُ السيّارات، ولا تشييدُ المَباني الشاهِقة ولا إنْتاجُ المكناتِ التي تَصْنع لنا تقريبًا كُلَّ شيء. فالحديدُ أرخَصُ الفلِزّات التي نستعملُها وأهمُّها؛ وهو يُستخرجُ من خاماته الصخريَّة المختلفة، ثمَّ يحَوَّلُ معظمُه إلى فولاذ. والحديدُ، كالكثيرِ غيرِه من العناصرِ نَشِطٌ كيماويًّا، فلا يوجدُ نقيًّا في الطبيعة، بل متَّحدًا مع عناصرَ أُخرى بخاصَّةٍ الأكسجين. في مسابِكِ الصهر، تُحمى خاماتُ الحديد في أفرانٍ خاصة مع الحِجارة الكلسِيَّة وفَحم الكوك، الذي يتألَّفُ في معظمه من الكربون، فتُزالُ الشوائبُ من خامات الحَديد ويبقى الفلِزُّ نقيًّا تقريبًا. وفي عمليَّةٍ تالية يحَضَّرُ الصُّلبُ (الفولاذ) من هذا الحديد بِضَبط كميَّةِ الكربون فيه، وأحيانًا إضافةِ كميَّات قليلةٍ من فِلِزّات أُخرى كالكروم والنيكل إليه.



حديدُ الصَّبّ (حَديدُ الزَّهر)

تحوي قُبَّةُ الكابِتُول في واشنطن العاصمة ٤٠٠٠ طن من حديد الصَّبّ. وكانت أجزاؤها المختلفةُ قد صُبَّت مُسبقًا في قوالبَ خاصَّة.

هنري بِسِمَر

الفولاذُ أكثرُ أشكالِ الحديد استعمالًا، وقد كانت عمليةُ إزالةِ الكربون منه باهِظة التكلفة. وفي عام ١٨٥٦، ابتكرَ المخترعُ البريطانيُّ، هنري بِسِمَر (١٨١٣-١٨٩٨)، طريقةً رخيصة لإزالة مُعظم الكربون؛ وذلك بِنَفْثِ الهواء عَبْرَ المَعدن المنصهِر في مُحَوِّلٍ يحملُ اسمَهُ «محوِّل بِسِمر» فيُزيلُ أكسجينُ الهواء الكربونَ منه.

الفُرْنُ العالي، فُرْنُ السَّفْع

يُسْتخرجُ الحديدُ من خاماته في أفران السَّفْع (أو اللفح) يعْلُو الضخمُ منها ٦٠ مترًا وينْتِجُ ١٠،٠٠٠ طن من الحديد يوميًّا، عامِلًا، دون توقُّف، على مدى ١٠ سَنوات مُتتالية. في هذا الفُرن تُسْفَعُ الموادُّ الخام، المؤلَّفةُ من خامات الحديد والحِجارة الكلسِيَّة وفحم الكوك، بعَصْفات الهواء الحارّ من أسْفل الفُرن. وبما إنَّ الكربون أنشطُ فاعليةً من الحديد، فإنَّه يتَّحد بالأكسجين من خامات الحديد، مبتعِثًا أكاسيدَ الكربون، تاركًا فلِزَّ الحديد وراءه.

داخلَ فُرْنِ السَّفْع

تبدأ التفاعلاتُ الكيماويَّة داخِلَ الفُرن عندَ سَفْع محتوياته بالهواء الحارّ جدًّا، فيشتعل الكوك مُولِّدًا في البدء ثاني أكسيد الكربون، ثمَّ أوَّل أكسيد الكربون - الذي يَخْتزِلُ أكاسيدَ الحديد مُنْتِجًا فلِزَّ الحديد وثاني أكسيد الكربون. وبهذا التفاعُل الإحراري، ترتفعُ درجاتُ الحرارة داخِلَ الفُرن إلى ١٩٠٠° س، فينْصَهِرُ الحديدُ ويتجمَّع في القاع.

الشَّوائب

نَقاوةُ الحديد المُستخرَج من الفُرن العالي (فُرن السَّفْع) تتراوحُ بين ٩٠ و ٩٥ في المئة. والشائبةُ الرئيسيَّة فيه هي الكربون الذي يَنْتَظم الحديد من الكُوك، فيكسِبُهُ صَلادةً تَحُدُّ من متانته. لذا يُحَوَّلُ مُعظمُ الحديد إلى فولاذٍ يحوي أقلَّ من ١٫٧ في المئة من الكربون.



الخَبَث

يُضافُ الحجرُ الكلسيُّ إلى الفُرن لأنَّه يَمْتزج ويتَّحد بالرَّمل والصلصال والحَصى في خامات الحديد، مُكوِّنًا فُضالةً، تدعى الخَبَث، تطفو فوقَ المعدِنِ المُنْصَهِر.

الحديدُ تحتَ المِجْهَر

عند تكبير نُتفةٍ من حديد الصَّبّ ٢٠٠ مرَّة تظهرُ فيها بلُّوراتُ الكربون (بالأزرق). أمّا الخلفيَّةُ الحمراء المُلبسةُ فهي الحديد (ويُدعى الفِرِّيت). بلُّوراتُ الكربون تجعلُ الحديدَ قصِفًا.



الفولاذُ أنواع

هناكَ نوعانِ رئيسيّانِ من الفُولاذِ - الفُولاذُ الكربونيّ وفولاذُ السَّبائك. فضُروبُ الفُولاذِ الخفيضةِ الكربون مَتينةٌ وسَهلةُ التشكيل؛ أمّا العاليةُ الكربون فصَلْدةٌ وقَصِفة يُمكِنُ إكسابُها أطرافَ قَطعٍ حادّة. وتتمايزُ خصائصُ أنواعِ فولاذِ السَّبائك المُختلفةِ تبعًا لِنوعِ الفلزِّ الذي تُشابُ به، ففولاذُ الكروم والنيكل هو فولاذٌ لا يصدأ صامدٌ لِلحَكّ والبِلى.

تشكيلُ الفولاذ

يُشكَّلُ الفولاذُ بطُرُقٍ مُتنوِّعة. فبالدَّلْفنة تُضغَطُ الصُّبَبُ الفولاذيّةُ وتُمَدُّ صفائحَ أو أنابيبَ أو شرائح. وبالسَّحب يُشَدُّ الفولاذُ المُدَلْفَن عَبْرَ ثقوبٍ متفاوتةِ القُطْر لِصُنعِ الأسلاك؛ وبالصَّبِّ يُترَكُ الفولاذُ في القوالبِ حتّى يَبرد ويجمُد؛ أمّا فولاذُ الحدادةِ فيُشكَّل بالتطريق على السّاخن.

بَعْدَ الفُرْن

يُسكَبُ فُولاذُ المَغارِفِ المُنْصَهِر في قوالبَ لِصُنعِ الصُّبَب، أو في خزّانٍ يُزوِّدُ عمليّةَ صَبٍّ مُستمِرّ. مُعظَمُ الفولاذِ يُعَدُّ كتلًا بطريقةِ الصَّبِّ المُستمِرّ كونه أرخصَ وذا نوعيّةٍ أجود. وهذه الكُتل يمكنُ تشكيلُها بعدئذٍ بالدَّلْفنة أو التطريق أو الصَّبّ.

الفُرْنُ الأكسجينيّ القاعدي

يجري تحويلُ الحديدِ إلى فولاذٍ في مُعظمِه حاليًا في الفُرْنِ الأكسجينيّ القاعدي. فيُسكَبُ في الفُرنِ مَزيجٌ من الحديدِ وخُرْدَةِ الفُولاذِ ويُنفَثُ الأكسجين فيه. فيتّحدُ الأكسجينُ مع كربونِ الحديد، مُزيلًا مُعظمَ الكربونِ من الحديدِ كأولِ أكسيدِ الكربون. إنَّ بمقدورِ فُرنٍ من هذا النوعِ إنتاجَ قُرابةِ ٣٥٠ طنًا من الفولاذِ في مدى ٤٠ دقيقة فقط.

الفُولاذُ تحتَ المِجْهَر

تُبيِّنُ الصورةُ المُقابِلةُ فُولاذًا خفيضَ الكربون، يحوي ٠٫٨٧٪ من الكربون. وتتباينُ بِنيةُ الفولاذِ ونسجَتُهُ تبعًا لكمّيّاتِ الكربونِ المتفاوتةِ فيه ولِطريقةِ تبريده.

لمزيد من المعلومات انظر

النُّحاس

النُّحاسُ حوالَينا، وقد لا نَراه، حَيثُما هنالك نورٌ أو جهازٌ كهربائي. فجُدرانُ المَباني، ومُختلِفُ المؤسَّسات، وسقوفُها تحوي أسلاكًا نُحاسيَّةً توصِّل التيّار إلى مُختلِف المقابِس والتركيبات الكهربائيَّة فيها. يوجدُ النُّحاسُ خامًا في الطبيعة بنقاوةٍ تتراوحُ بين ٠,٥ إلى ١٪. وهذا يعني أنَّ إنْتاجَ النحاسِ العالميَّ، المُقدَّرَ بـ ٩,٦ مليون طن، يقتضي معالجةَ أكثَرَ من ألفِ مليون طن من الخام الصخري لاستِخراجه!



التَّصويل

تُعالَجُ خاماتُ الأكاسيد النُّحاسيَّة بالتصويل، فيُرَذُّ عليها حامضُ الكبريتيك الذي يُذيبُ النحاسَ دونَ الشوائبِ الصخريَّة. ثُمَّ يُنَقَّى محلولُ كبريتات النُّحاس الناتجُ بالكَهْرَلة.

الكلكوبيريت خام كبريتيديٌّ – يحوي النحاس مُتَّحدًا بالحديد والكبريت.

كاري إڤرسون

تحوي الخاماتُ مزيجًا من الفلِزّات النَّفيسة والشوائب الصخريَّة. وقد ابتكرت المعلمةُ الأمريكيَّة، كاري إڤرسون، عام ١٨٨٦، طريقةً لِفصلها لقد طحنَتِ الخامَ ومزَجَته بزيتٍ وحامض، فحصَلَت بذلك على زبَدٍ رُغائي تستعلِقُ فيه الفلِزّاتُ النفيسة وتطفو، بينما تترسَّبُ الشوائبُ الصخريَّةُ في القعر.

كاري إڤرسون

إسْتِخراجُ النُّحاس

يُسْتَخرجُ معظمُ النُّحاس من خام كبريتيدي يحوي الحديدَ والكبريت والنُّحاس. يُنفَثُ الهواءُ الحارّ داخلَ الفُرن لِفصل النُّحاس عن الحديد والكبريت اللذَيْن يتفاعلانِ مع الأكسجين لِيُولِّدا أكسيدَ الحديد وثاني أكسيد الكبريت تارِكَيْن فلِزَّ النُّحاس المنصهر في القاع. هذا النحاسُ، ويُعرفُ بالنُّحاس المنقَّط، تصِلُ نقاوته إلى ٩٨ في المئة. وللنقاوة الكامِلة يُصارُ إلى عمليَّة الكَهْرَلة (التحليل بالكهرباء) لإزالة الشوائبِ المُتبقيَّة.

هواءٌ حارّ

خام كبريتيدي

مَخْرجُ ثاني أكسيد الكبريت

مَخْرجُ النُّحاس

مَخْرجُ خَبَث سليكات الحديد (نُفايات)

تُضافُ السِّليكا لِتتفاعلَ مع أكسيد الحديد مُكوِّنةً خبَث سيليكات الحديد.

يُصَبُّ النُّحاسُ المنصهر صفائحَ – عَرْضُ الواحدة منها (نحاسًا مُنقَّطًا) متر واحد، ووزنها ٤٠٠ كغ.

ملَفَّات في مُحرِّكٍ كهربائي

الكَهْرَلَة (التحليل بالكهرباء)

تُنقَّى صفيحةُ النُّحاس المُنقَّط بالكَهْرَلة، فتُعلَّقُ الصفيحةُ كإلكترودٍ مُوجَب (أو آنود) في محلولٍ من كبريتات النُّحاس وحامض الكبريتيك. وبمرور الكهرباء عَبْرَ المحلول، يُذابُ نحاسُ الآنود ويتجمّع نقيًّا حولَ الإلكترود السالب (أو الكاثود)، بينما تترسَّبُ الشوائبُ كُدادةً في القاع.

يتجمّعُ النُّحاسُ النَّقيّ حولَ الكاثود (المهبط) – الإلكترود السالب.

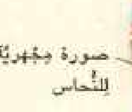
نُحاس نقيّ

محلولٌ من كبريتات النُّحاس وحامض الكبريتيك.

ترتحِلُ أيوناتُ النُّحاس باتجاه الكاثود

يُجعلُ النُّحاس المنقَّط آنودًا (مصعدًا) – إلكترودًا موجبًا

تتجمَّعُ الشوائبُ كدادةً في القاع



صورة مِجْهريَّة للنُّحاس

تتكدَّسُ ذرّاتُ النُّحاس بطريقةٍ منتظمة لتكَوِّن بلّورات. إنَّ الطريقةَ التي تتشابكُ بها البلّوراتُ هي التي تجعلُ النحاس قابلًا للتطريق والسَّحْب والتشكيل.

إسْتِعمالاتُ النُّحاس

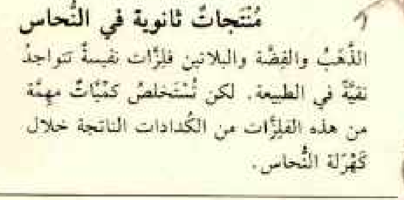
النُّحاسُ مُوصِّلٌ جيِّد للحرارة والكهرباء؛ لِذلك يُصْنَعُ منه مختلفُ أنواع المَقالي والطناجر، كما جميعُ أنواع أنابيب المياه الساخنة في المنازل والمصانع. كذلك يُستَخدمُ النُّحاسُ لِصُنْعِ النبائط الكهربائيَّة المختلفة كمانِعات الصواعق وملَفّات المُحرِّكات الكهربائيَّة.

والنُّحاس بطبيعته لا يصدأُ بسهولةٍ، فيدوم طويلًا.

ذَهَب

فضَّة

بلاتين



مُنتجاتٌ ثانوية في النُّحاس

الذَّهَبُ والفِضَّة والبلاتين فلِزّاتٌ نفيسةٌ تتواجدُ نقيَّةً في الطبيعة. لكن تُستَخلصُ كمِّيّاتٌ مهمَّة من هذه الفلِزّات من الكُدادات الناتجة خلال كَهْرَلة النُّحاس.

لمزيد من المعلومات انْظُر

الفلِزّاتُ الانتِقاليَّة ص ٣٦
سِلْسِلةُ التفاعُليَّة ص ٦٦
الكَهْرَلة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
السَّبائك ص ٨٨
حامض الكبريتيك ص ٨٩
حقائقُ ومَعلومات ص ٤٠٦

الألومِنْيُوم

الألومنيوم أكثَرُ الفلِزَّات وَفْرةً في الأرض، ويوجدُ في أنواع الصُّخورِ المُختلفة؛ لكنَّ مُعظمَ الألومنيوم يُستخرجُ من البُوكْسيت. وكَونُ الألومنيوم يتَّحدُ مع غيره من العناصِر بسُهولةٍ فإنَّ فَصْلَه كفلِزٍّ نَقِيٍّ يتطَلَّبُ قدرًا كبيرًا من الطاقة. فقبلَ أنْ يكتشفَ الكيماويُّونَ طريقةً رخيصة لاستخراجه، عام ١٨٨٦، كانت أسعارُه تفوقُ أسعارَ الفِضَّة والذَّهب بكثير. ونظرًا لخصائصه المُتميِّزة، يُستخدمُ الألومنيوم اليومَ في مختلفِ الصناعات - من الأواني المنزليَّة إلى الكَبْلات الكهربائيَّة وأجزاءِ السيَّارات والطائرات.

إسْتَخدمَ الامبراطورُ الفرنسي، نابوليون الثالث (١٨٠٨-١٨٧٣)، اطباقًا من الألومنيوم لتكريم الكبارِ من ضيوفه. أمّا اليومَ فإنَّنا نَستخدمُ رقائقَ الألومنيوم لِلفِّ الطعام لأنّها رخيصةٌ جدًّا.



في هياكِل الدرَّاجات

الألومنيوم سَهْلُ التشغيل والتشكيل، وهو في هيكلِ الدرّاجة الأنبوبيِّ يُوفِّر لِدرّاجِ السباقات درّاجةً فائقة الخِفَّة.



يُستَخدمُ هذا الدولابُ الضخم لاحتِفار البوكسيت من قِشرة الأرض.

تكَوَّنَ البوكسيت، خامُ الألومنيوم الرئيسي، بفعلِ التجوية وتفتُّتِ الصخور الحاوية لِسليكات الألومنيوم على مدى فتراتٍ طويلة.

إستِخراجُ الألومنيوم

يُستَخرجُ الألومنيوم من البوكسيت بعمليَّة باير متبوعةً بالكَهْرَلة. ففي عمليَّة باير، يُمْزَجُ البوكسيت مع الصودا الكاوية ويُسخَّنُ، فيَنتُجُ عن ذلك بلّوراتٌ سكَّريَّةُ الشَّكل من أكسيد الألومنيوم النَّقي. ثمَّ تُذابُ هذه البِلّورات في الكريوليت (ألومينات الصوديوم الفلوريديَّة) المصهور. ومن ثمَّ تتفكَّكُ هذه البِلّوراتُ بالكَهْرَلة إلى ألومنيوم وأكسجين.

طولُ الخليَّة الإلكتروليتيَّة الواحدة ٩ أمتار وعرضُها ٤ أمتار. وتتدَلّى أنودات الكربون في الكريوليت المُنصَهر.

يَمُرُّ التيّار الكهربائي عَبْرَ السّائل طاردًا الأكسجين من أكسيد الألومنيوم نحوَ الانودات (الإلكترودات المُوجبة).

يتجمَّعُ الألومنيوم المُنصهرُ حولَ الكاثود الكربوني الذي يُبَطِّنُ قاعَ الخليَّة الإلكتروليتيَّة وجوانبها.

يُجَمَّعُ الألومنيوم ويُستَخدمُ في صُنع العديد من المُنتجات، كما يُعادُ تدويرُه بسُهولة.

يُكَسَّرُ خامُ البوكسيت إلى قِطعٍ صغيرة.

يُضافُ هِدروكسيد الصوديوم إلى البوكسيت ثمَّ يُضخُّ إلى خزّانٍ كبير يُدعى الهَضّام.

الضغطُ العالي والحرارةُ يُمكِّنان هِدروكسيد الصوديوم من «هَضْم» البوكسيت (أي تفكيكه إلى مُقوِّماته). فيذوبُ أكسيدُ الألومنيوم، من الخام، مُكوِّنًا محلولًا من الومينات الصوديوم، بينما يُزيلُ المُرشِّحُ الشوائبَ غيرَ الذوّابة.

الهَضّام

المُرشِّح

عندما يبردُ المحلول، تتشكَّلُ بلّوراتُ أكسيد الألومنيوم تاركةً هِدروكسيد الصوديوم.

تُبَخِّرُ الحرارةُ ماءَ البِلّورات تاركةً مَسحوقًا ناعمًا.

كيماويّانِ مُتزامِنان

في عام ١٨٨٦، اكتشفَ الكيماويّانِ الشابّان تشارلز مارتِن هول (١٨٦٣-١٩١٤)، التلميذُ في معهد أوبرلن في الولايات المتحدة الأمريكيَّة، وَ ب. ل. ت. هيرولت (١٨٦٣-١٩١٤)، الكيماويُّ الشاب الذي كان يعملُ في فرنسا - اكتشفا مُستقِلَّين الطريقةَ الكهربائيَّة لاستِخراج الألومنيوم. فخفضَ اكتشافُهما ثمنَ الألومنيوم إلى جُزْءٍ من ثمنِ الفِضَّة في غضون أربع سنوات. ومن غرائبِ الصُّدَف أنّهما لم يتوصّلا إلى اكتشافهما ذاك وهما في العُمر نفسِه فقط، بل إنَّهما ماتا في العام نفسِه، يفارقُ ثمانية أشهرٍ واحدُهما عن الآخر.



إستِعمالُ الألومنيوم

عندما يتعرَّضُ سَطحُ الألومنيوم لأكسجين الهواء، تتكَوَّنُ طبقةٌ سَميكة من أكسيد الألومنيوم، تمنعُ عنه الهواءَ وتُوقِفُ تآكُلَ السَّطح بالصَّدأ. والألومنيوم فلِزٌّ متينٌ وخفيف ومُوصِّلٌ جيِّد لِلكهرباء، لذا يُستَخدمُ في صُنع أجزاءِ الطائرات والسيّارات والشّاحنات والكَبْلات الكهربائيَّة.

لمزيد من المعلومات انْظُر

الفلِزّاتُ الوَضيعة ص ٣٨
سِلْسِلَةُ التفاعُليَّة ص ٦٦
الكَهْرَلة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
صناعةُ الكيماويّات ص ٨٢
السَّبائك ص ٨٨
حقائقُ ومعلومات ص ٤٠٦

السَّبائك

كان مِن مُعيقات المُحاربِ القديم قبلَ عصر الحَديد (قبل ١٠٠٠ق.م.) اضطرارُه لِلتوقّف عن القتال خلالَ المعركةِ لِتَقويم سَيفه البرونزيّ - عِلمًا أنَّ البرونز أكثرُ صَلادةً من النُّحاس؛ إنَّ مُعظمَ الفلِزّات النقيَّةِ هي فلِزّاتٌ ضعيفة لَيِّنة، لكن عندما يُمزَجُ فلِزّانِ طَرِيَّان فالسبيكةُ الناتجةُ أصلبُ من كِلَيهما. وتتغيَّرُ خصائصُ السبيكة بتغيُّرِ كمِّيّاتِ الفلِزّاتِ الدَّاخِلة في مَزيجها. وتتألَّفُ معظمُ السَّبائكِ من فلِزّين أو أكثر، لكِنَّ بعضَها قد يحوي لافلِزًّا كالكربون، كما هي الحالُ في سبائك الفولاذ.



السبيكة الأولى

منذُ حوالي ٦٠٠٠ سنة، اكتشفَ الناسُ أنَّ النُّحاسَ يزدادُ صلابةً عند مَزْجِهِ بالقصدير. وطَغى استعمالُ تلك السبيكةِ البرونزيّةِ على مُجملِ الاستخدامات المَعدنية حينئذٍ حتّى دُعيَ ذلك العصرُ بالعصرِ البرونزيّ.

إنَّ مَزْجَ الالومنيوم بالمغنسيوم والنُّحاسِ يُوفّرُ هيكلًا خفيفًا لِلطائرات - هو من القوّةِ والمَتانةِ بحيثُ يصمُدُ لِسُرعة الرياح العالية وصدماتِ الحَطّ.

في المُحرِّك النفّاث، تثبَّتُ شفراتُ التربين في مواقعها بواسطةِ أقراصٍ تُصنَعُ من سَبيكةٍ فائقةٍ تتألّفُ من ١١ عنصرًا منها النيكل والتيتانيوم.



دَرَجاتُ الحرارة العالية

تقطعُ لُقمةُ الثَّقب مسارَها عَبْرَ الموادّ الصُّلبة، مُدوِّمةً آلافَ المرّات في الدقيقة. وتوفّرُ سبيكةُ كربيد التنجستن التي تزيدُ درجةُ انصهارِها على ٢٩٠٠° س الصلادةَ لِلقيام بذلك.

سَبائكُ الطائرات

تتطلّبُ هياكلُ الطائرات النفّاثةِ سَبائكَ خفيفةً لجعل الإقلاعِ سهلًا واستِهلاكِ الوَقود خفيضًا. كما تتطلّبُ محركاتُها سبائكَ خاصّة تصمُدُ لِدرجات الحرارةِ العالية. إنَّ شفراتِ التربين في مُقدّمةِ المحرِّك مثلًا، التي تدوِّمُ بسُرعةٍ كبيرة، تسفُطُ الهواءَ إلى الداخل على درَجات حرارة تصلُ إلى ٦٠٠° س.

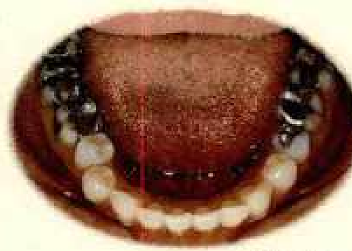


دَرَجاتُ الحرارة الخفيضة

سَبيكةُ اللّحام التي هي مَزيجٌ من القصدير والرصاص مثاليّةٌ لِوَصْلِ طَرَفَين فلزّيين بعضِهما مع بعض، إذ إنَّ درجةَ انْصِهارها أخفضُ من كِلا درجَتَي انْصِهارِ فلزّيها النقيّين. فهي إنّما تؤلّفُ جسرًا بين الطرَفَين اللذين تربطهما دونَ أن تلحق الضررَ بأيٍّ.

صُنْعُ السَّبائك

تُصنَعُ مُعظمُ السَّبائك بصَهرِ الفلِزّات ومَزْجِها بعضِها مع بعض - شَرْط ألّا يبدأ أحدُ الفلزّين بالغليانِ قبلَ أن ينصهرَ الآخر. ففي صُنْعِ النُّحاسِ الأصفر مثلًا، يُسقَطُ الخارصينُ الجامِد في النحاسِ المنصهر. أمّا إذا أُحميا معًا فإنَّ الخارصين قد يتبخّرُ كُلُّه قبلَ انصهار النُّحاس.



سَبيكةُ الأسنان

يَستخدمُ أطباءُ الأسنان المُلْغَم - وهو سبيكةٌ من الزئبق والفضة والقصدير والخارصين والنحاس - في حَشْوِ التجاويف السِّنّيّة. وهذا المُلْغَمُ يُمكِنُ تشكيلُه، كالمعجونة، لِيتلاءَمَ مع كِفافِ الأسنان قبل أن يتصلَّب.



يذوبُ فلزّا السَّبيكة واحدُهما في الآخر، وتمتزجُ ذرّاتُهما بحُرّيّة وتتشابكُ معًا لِتُشكّلَ بلّوراتٍ قويّةً عندما تبرد.

لمزيد من المعلومات انظر

الترابُطُ الكيمياويّ ص ٢٨
الفلِزّاتُ القِلْويّة ص ٣٤
الفلِزّاتُ الانتِقاليّة ص ٣٦
الفلِزّات الوَضيعة ص ٣٨
سِلْسِلةُ التفاعُليّة ص ٦٦
حقائقُ ومَعلومات ص ٤٠٦

حَامِضُ الكِبريتيك

العَلاقةُ المشتركةُ بينَ الأَسْمِدةِ والدِّهانات والمتفَجِّرات والمُنَظِّفات هي أنَّ حامِضَ الكبريتيك يدخلُ في تصنيع كُلٍّ منها. فحمضُ الكبريتيك من الموادِّ الهامة جدًّا لِلصناعة بحيثُ قلَّما ترى حولَكَ شيئًا لم يدخل هذا الحامِضُ في صناعته. حامِضُ الكبريتيك لا يتواجدُ طبيعيًّا، بل يُصنَّع، ويَبْلُغُ ما يُنْتَجُ منه سنويًّا قُرابةَ ١٥٠ مليون طن. وممّا يجعَلُ تصنيعَه قليلَ التكلفة أنَّ الحرارةَ المهدورة في إحدى مراحلِ عمليَّةِ تحضيره يمكِنُ استخدامُها كمَصْدرٍ حراريٍّ لِلمرحلة التالية.

الكِبْريتُ هو المادة الأوّليَّةُ الرّئيسيّة لِصُنْع حامِض الكِبْريتيك إضافةً إلى الماء والهواء.

حرارةُ بُخار الماء الساري في الأنبوب الملولَب تصهرُ الكبريتَ قبلَ أن يُرَدَّ في داخِل الفُرن.

المُبادِل الحراريّ

يُضَخُّ الهواء الجافُّ إلى داخِل الفُرن فيتّحدُ أكسجينُ الهواء بالكبريت مُوَلِّدًا غازَ ثاني أكسيد الكبريت.

في المُحَوَّل تُزاد كمّيّاتٌ إضافيَّةٌ من الأكسجين لتحويل ثاني أكسيد الكبريت إلى ثالثِ أكسيد الكبريت.

المُحَوِّل

في المُبادِل الحراريّ يَمُرُّ ثاني أكسيد الكبريت فوق أنبوب ماءٍ فيُسخِّنُهُ بحرارته. وتُستخدَمُ هذه الحرارةُ في صَهر الكبريت وفي تدوير المَراوِح التي تَنْفُثُ الهواءَ إلى داخِل الفُرن.

جان أنطوان شَبْتال



في القرن الثامن عَشَر أخذت المصانعُ تَسْتَخدِمُ حامِضَ الكبريتيك في صُنْع الجِبس والأصباغ والأزرار. ولَحظَ الكيماويُّ الفرنسيّ، جان أنطوان شَبْتال (١٧٥٦–١٨٣٢) الحاجةَ إلى تصنيع حمض الكبريتيك على نطاقٍ واسع لاستخدامه في تلك الصناعات وسواها من الصناعات المتسارعةِ النُّمُوّ. وقد تَمَّ له في الفترة بين ١٧٨٠ و ١٧٩٠ إقامةُ أوّلِ مَصنعٍ لإنتاج حامِض الكبريتيك تجاريًّا في مونبلييه، فرنسا.

جهازُ الامْتِصاص

يَمُرُّ ثالثُ أكسيد الكبريت عَبْرَ رَذاذٍ من حامِض الكبريتيك الذي يمتصُّه لِيَغدو حامضًا مُرَكَّزًا مُدخَّنًا يُدعى الأوليُوم.

كيماويًّا يمكِنُ إضافةُ ثالثِ أكسيد الكبريت إلى الماء مباشرةً لإنتاج حامِض الكبريتيك، لكنَّ التفاعُلَ يكونُ عنيفًا وخَطِرًا.

يُخَفَّفُ الأوليُوم (حمض الكبريتيك المدخَّن) بالماء لِلحصول على حامض الكبريتيك بالتركيزِ المَطلوب.

ثالث أكسيد الكبريت

ثاني أكسيد الكبريت

أكسجين

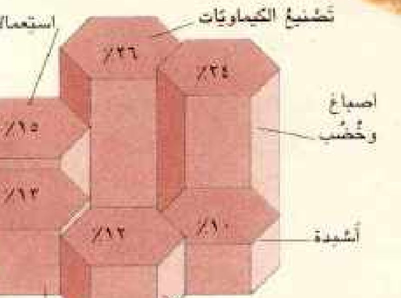
خامِس أكسيد الفاناديوم

تصنيعُ الحامض

هنالِكَ ثلاثُ مَراحلَ في تَصنيع حامِضِ الكبريتيك. ففي المرحلةِ الأولى، يُحَمَّى الكبريت والهواء لِتحضير ثاني أكسيد الكبريت. وفي المرحلة الثانية التي تُعْرَفُ بطريقة التّلامُس، يُمْزَجُ ثاني أكسيد الكبريت مع الهواء لإنتاج ثالثِ أكسيد الكبريت. وأخيرًا، يُذابُ ثالثُ أكسيد الكبريت في حامِض الكبريتيك لِيُوَلِّدَ حامِضَ الكبريتيك المدخَّن (الأوليُوم)، الذي هو شكلٌ فائقُ التركيز من حامِض الكبريتيك.

طريقةُ التّلامُس

تفاعُلُ الكبريت مع الأكسجين بطيءٌ في غياب الحفّازات. ولِتسريع التفاعُلِ تُسْتَخدَمُ كُراتٌ صغيرةٌ من خامِسِ أكسيد الفاناديوم، كحفّاز، إذ تُوَفِّرُ هذه الكُرَاتُ مساحةَ سطحٍ شاسعةً تستقرُّ عليها جُزَيئاتُ الكبريت والأكسجين، فتتقارَبُ وتتلاقى وتتفاعَلُ بِسُرعة.



الرايون (الحَريرُ الصِّناعي)

يُصنَعُ الرايون من عَجينة الخَشَب مذابةً في مزيجٍ من الماء والصودا الكاوية وثاني كبريتيد الكربون. ويُدفَعُ السائلُ الحاصل اللزج (الفسكوز) عَبْرَ هذا الرأس المثقّب (به ١٠ آلاف ثقب) إلى مغطس من حامض الكبريتيك فيتصلّبُ خيوطًا.

استعمالاتُ حامض الكبريتيك

حامِضُ الكبريتيك مُهِمٌّ جدًّا في الصناعة لأنَّهُ يتفاعلُ بِسُرعةٍ مع المواد الأخرى، مُزيلًا الفلِزّات والأكسجينَ والماء والموادَّ الأخرى غير المرغوب فيها. وفضلًا عن استعماله في تصنيع العديد من الكيماويّات، يُستخدَمُ حامِضُ الكبريتيك في بطاريّات السيارات وفي تكرير النِّفْط وتنظيف الفلزّات.

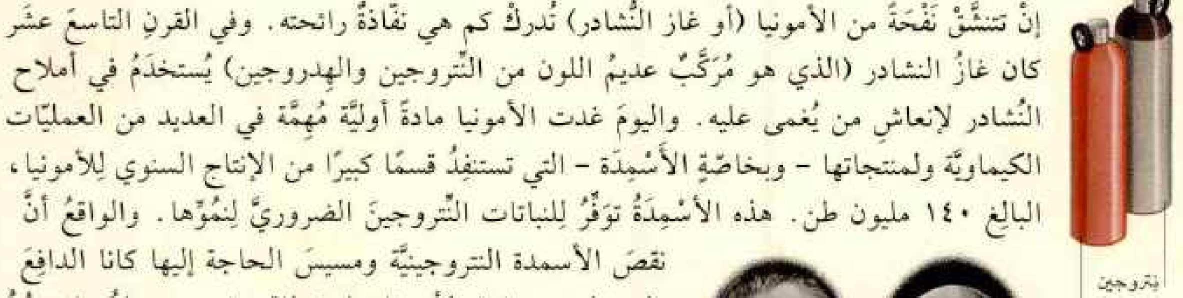
تصنيعُ الكيماويّات	٢٦٪
أصباغ وخُشُب	٢٤٪
أسْمِدة	١٠٪
لدائن والياف	١٢٪
صابون ومُنظِّفات	١٣٪
استعمالات أخرى	١٥٪

لمزيد من العلومات انْظُر

الكبريت ص ٤٥
الحفّازات ص ٥٦
الأكسَدة والاختزال ص ٦٤
الحوامض ص ٦٨
الأمونيا ص ٩٠

الأَمُونيا

إنْ تتنشَّقْ نَفْحَةً من الأمونيا (أو غاز النُّشادر) تُدرِكْ كم هي نفّاذةٌ رائحته. وفي القرنِ التاسعَ عشَر كان غازُ النشادر (الذي هو مُرَكَّبٌ عديمُ اللون من النّتروجين والهِدروجين) يُستخدَمُ في أملاح النُّشادر لإنعاشِ من يُغمى عليه. واليومَ غدت الأمونيا مادةً أوليَّةً مُهِمَّةً في العديد من العمليّات الكيماويّة ولمنتجاتها - وبخاصّةٍ الأَسْمِدَة - التي تستنفِدُ قسمًا كبيرًا من الإنتاج السنوي لِلأمونيا، البالغِ ١٤٠ مليون طن. هذه الأَسْمِدَةُ توَفِّرُ لِلنباتات النّتروجينَ الضروريَّ لِنمُوِّها. والواقعُ أنَّ نقصَ الأسمدة النتروجينيَّة ومسيسَ الحاجة إليها كانا الدافِعَ إلى تطويرِ صناعة الأمونيا على نطاقٍ واسع. ويبلغُ ما تنتجُهُ المصانعُ الحديثة منها يوميًّا مئات الأطنان.





مُكَوِّناتُ الأمونيا

الهِدروجين والنّتروجين هما المادّتانِ الأوّليّتان في صُنع الأمونيا. ويُحضَّرُ الهِدروجين بمُفاعلةِ ميثان الغاز الطبيعي مع بُخار الماء. أما النّتروجين فيُستخلَصُ من الهواء.

نِتروجين

هِدروجين

فرِتْز هابِر

كارل بُوش

فرِتْز هابِر وكارلْ بُوش

في عام ١٩٠٨، استخدمَ الكيماويُّ الألمانيّ، فرِتْز هابِر (١٨٦٨-١٩٣٤)، الجهازَ المبيَّن (إلى اليمين) لإنتاج الأمونيا. ولم يَكُنْ تفاعُلُ النّتروجين مع الهِدروجين عمليةً سَهْلة، لكنَّ هابِر نجحَ في تهيئة الظروفِ اللازمة مَخبريًّا لإحداثِ التفاعُل. وبعدَ خمسِ سنوات، طَوَّرَ الكيماويُّ الصناعيُّ الألماني، كارل بُوش (١٨٧٤-١٩٤٠)، جهازَ هابِرِ المَخبري إلى الحجم الصناعي. فكانَ عليه أن يصمِّمَ مُعَدّاتٍ ضخمةً ومتينةً تتحمَّلُ الضغوطَ العاليةَ ودرجاتِ الحرارة المرتفعة اللّازمة لِتصنيع الأمونيا.

جهازُ هابِر لِصُنْع الأمونيا

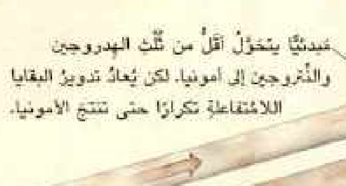


مصانعُ الأمونيا الحديثة ضخمة ومعقَّدة. في التجهيزات المبيَّنة أعلاه تتمُّ إزالة ثاني أكسيد الكربون من الهِدروجين - وما هذه إلّا إحدى المراحل في تحضير إحدى المادّتينِ الأوليتين من الميثان.

صُنْعُ الأَمُونيا

تُصنَعُ الأمونيا اليومَ في مَصانعَ لا تزالُ تعتمدُ التصاميمَ الأساسيَّةَ التي وَضَعها بُوش. وعمليةُ التصنيع مُعَقَّدةٌ مُتعدِّدةُ المَراحل، من ضِمنها تَنْقِيَةُ النّتروجين والهِدروجين. أمّا المرحلةُ الأكثَرُ أهميَّةً فهي تحويلُ الغازَيْن إلى أمُونيا؛ وكان بوش قد أجرى ٦٥٠٠ تجربة لِيجدَ أنَّ الحديد هو الحفّازُ الأفضل لِتسريع التفاعُلِ بينهما.







استِعمالاتُ الأمُونيا

فضلًا عن أهميَّتها في تصنيع الأسمدةِ فلِلأمُونيا استعمالاتٌ أُخرى متعدِّدة - إذ تُحَوَّلُ كمّيّاتٌ كبيرة منها لإنتاج حامض النّتريك. وهذا الحَمضُ أساسيٌّ في صناعاتِ النّيلون والوَرْنيش واللاكيه والمُتفجِّرات ووُقُدِ الصواريخ. كما تُستَخدَمُ اليُوريا، المُصنَّعةُ من الأمونيا وثاني أكسيد الكربون، كغِذاءٍ تكميليٍّ لِلحيوانات الدّاجنة، وفي تصنيع اللّدائن.

من حَمْضٍ إلى سَمَاد

يَسْتَخدِمُ المُزارعون أملاحَ الأمُونيوم كسَمادٍ كيماويّ. وتُصْنَعُ هذه الأملاح بمَزْجِ الأمُونيا مع حمض النّتريك السّاخن، ثمّ يُذَرُّ المحلول من أعلى بُرْجِ رشٍّ لِتتساقطَ القطيراتُ في تيّارٍ صاعدٍ من الهواء البارد مُكَوِّنةً حُبَيباتٍ مُكَوَّرةً من نِترات النشادر.

لِمزيدٍ من المعلومات انْظُر

الترابُطُ الكيماوي ص ٢٨
النّتروجين ص ٤٢
الهِدروجين ص ٤٧
الحفّازات ص ٥٦
حقائقُ ومَعلومات ص ٤٠٦

الكيمياءُ الزراعيَّة



كثيرٌ مِن الطعام الذي نتناولُه نتجَ أو أُنتِجَ بمُساعدة الكيماويَّات التي توَفِّرها الصناعاتُ الكيماويَّة - مِن أسمدةٍ تحوي معادنَ مختلفةً لا يزدهرُ نموُّ النباتات، أو تزدَهِرُ غلالُها وتزكو، بِدونِها، إلى كيماويَّاتٍ تتحكَّمُ في إنضاج الثمارِ كي لا تفسُدَ قبل أكلها، إلى مُغَذِّياتٍ كيماويَّةٍ إضافيَّةٍ تُسَرِّعُ وتعزِّز نموَّ الحيوانات الداجنةِ وتجَنِّبُها الأمراض. غير أنَّ كثيرًا من الناس تقْلِقُهم كمِّيَّةُ الكيماويَّات المُستَخدمةِ في إنتاج الأطعمة. فتزايُدُ استِخدامِ الأسمدة الكيماويَّة مثلًا يؤدِّي إلى تلَوُّث المياه، كما إنَّ بعضَ المُبيِدات قتّالٌ لِلنباتاتِ والحيوانات غيرِ المؤذية ويُعَرِّضُ البيئةَ وصِحَّةَ الناس لِلخَطَر.

الأطعمةُ الكيماويَّة

بالإضافةِ إلى طعامها الطبيعي، تُعطَى حيواناتُ المزارعِ حُبَيباتٍ مُغَذِّيةً من الكيماويَّات تحوي نتروجينًا إضافيًّا يُساعدُ في تقويتها وتسريع نموِّها.

مُبيداتُ الحشَرات

يَقتلُ المُبيدُ الحشراتِ بإحدى طرقٍ ثلاث - مَسًّا بمُبيداتِ التماس أو سَمًّا بالسُّموم المَعِديَّة، أو اختِناقًا بالمُدَخِّنات السّامة.

تَفَتُّكُ الحشرات بمزروعات الذرة.

قد تتلِفُ الفُطْر محصولَ حقلِ القمح بكامِله.

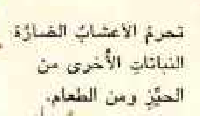
الزِّراعةُ العُضويَّة

لا تتلَقّى زُروعُ ومواشي المزرعة العُضْويَّة أيَّ كيماويَّاتٍ اصطناعيَّة - لا كأسْمِدةٍ ولا كمُغَذِّيات إضافيَّة. فالمزارعون العُضْويونَ يعالجون التربةَ بالأسمدة الطبيعيَّة (كالزِبْل) لِتوفير المعادن اللّازمة لمحاصيلهم. كما يعتمدون أسلوبَ تَعاقُبِ الزُّروع سَنويًّا في حُقولهم لتَقيدَ الزُّروعُ المُداورةُ على التوالي من مُختلفِ المعادن الموجودة في السَّماد. وهذا الأسلوبُ يقطعُ أيضًا دورةَ حياةِ الآفات الزراعيَّة ويخفِّضُ أعدادها. أمّا المُغَذِّياتُ الإضافيَّةُ فتحصلُ عليها حيواناتُ المزرعة العُضويةِ من الكيماويّات الطبيعيَّة المتواجدةِ في الأعشاب والطحالبِ البَحْريَّة.

عُشْبٌ (طُحلبٌ) بحريٌ

مُبيداتُ الفُطْر

مُبيداتُ الفُطْر كيماويّاتٌ عُضْويَّة، قد تحوي الخارصين والمنغنيز والنُّحاس، يرُشُّها المُزارعونَ على مَزروعاتهم أو يضعونها في التربة. وبذلك تُمنَعُ الفطرياتُ من الانْتِشار وإتْلافِ كاملِ المحصول.



تحرِمُ الأعشابُ الضارَّة النباتاتِ الأُخرى من الحيِّزِ ومن الطعام.



مُبيداتُ الآفات

كُلُّ كائنٍ حيٍّ يُعَطِّلُ نمُوَّ المَزروعاتِ أو المَواشي يُدعى آفة. فقد تكونُ الآفةُ عُشبةً تُنافِسُ المزروعاتِ على الفضاء والماء والمعادنَ، أو فُطرًا يدُسُّ خيوطَه الماصَّةَ عَبْرَ أنسِجة النبات فيتلِفُها، أو حَشَرةً تَقضِمُ مساراتِها خلالَ أوراقِ النباتِ وثماره وجذوره. ولِتقليل أعداد هذه الآفات والحدِّ من أضرارها يَعمدُ المُزارعونَ لاستخدام المُبيدات - وهي كيماويَّاتٌ مُصَمَّمةٌ لِتعطيل واحدٍ أو أكثر من التفاعُلات الحيويَّة في جسم الآفة.

مُبيداتُ الأعشاب الضّارَّة

المُبيداتُ تقتلُ الأعشابَ الضارَّة بطُرقٍ متنوّعة. فبعضُ المبيداتِ يُعطِّلُ عمليةَ التخليق الضوئي فيَحْرِمُ الأعشابَ من تخليق غذائها. وتعملُ مبيداتٌ أخرى بِتَسْميم خلايا النسيج الإنشائي في رؤوسِ جذورِ تلك الأعشاب وبراعِمِ أغصانها.

كيماويّاتٌ لِتعزيزِ المَحاصيل



تُوفِّرُ الأسمدةُ شتّى المعادنِ التي تحتاجُها النباتات. ولِكُلِّ مَعدِنٍ تأثيرُه الخاصّ في تعزيز النماءِ خضريًّا أو إثماريًّا. ولاختبارِ تأثير سَمادٍ معيَّنٍ في هذا الصدَد، يقومُ المزارعون بمُقارنةِ نمُوِّ وغلَّةِ مجموعَتينِ من النباتات سُمِّدت إحداهما بالسَّماد المعيَّن.

لمزيد من المعلومات انْظُر

الفلزّاتُ القِلْويَّة ص ٣٤
النّتروجين ص ٤٢
الفُسفور ص ٤٣
القِلْويّاتُ والقواعد ص ٧٠
حقائقُ ومَعلومات ص ٤٠٦

صِناعةُ الأَغذيَة

لعَلَّ مُعظمَ ما تناوَلْتَه من طعامِ اليومَ كان قد جُمِعَ من حقلٍ أو مزرعةٍ قبلَ عدّةِ أسابيعَ أو حتى أشهرٍ، لكنّه لا يَزالُ جيِّدًا طيِّبَ المَذاق. فصِناعةُ الأغذية تعالِجُ الكثيرَ من أطعمتِنا بالكيماويّات لِيَبقى سليمًا صالحًا لِلأكل - مَنظرًا ومَذاقًا. وهو بدونِ ذلك مُعَرَّضٌ لِتسرُّب المِيكروبات (كالجراثيم والفُطريات) التي سُرعانَ ما تفسِدُه مُحيلَةً إياهُ، كُلَّه أو بعضَه، إلى مُرَكَّباتٍ كريهةِ المَذاق والمَنظر، وربما سامّةً أيضًا. لقد بدأ الإنسانُ معالجةَ الأغذيةِ بالتمليح والتجفيف والتدخين منذُ آلاف السنين ليحفظَها قوتًا له في أشهر الشتاءِ العِجاف. واليومَ، تقدَّمت صناعةُ الأغذية ووسائلُ نَقْلِها بحيث غَدت مَتاجِرُنا تعرِضُ مُختلِفَ أنواع المأكولات، من سائر أنحاءِ العالَم، على مَدار السنة.

التجفيد (التجفيف المُجمَّد الخوائي)
يعتمدُ رُوّادُ الفضاء على الطعام المُجفَّد. ففي طريقةِ التجفيد، يُجمَّدُ الطعام أوّلًا ثمّ يُجفَّفُ على ضغطٍ خفيض. يمكنُ حِفْظُ الطعام المُجفَّدِ على درجةِ حرارة الغُرفة، لأنّ الجراثيم لا تستطيعُ العيش بدونِ ماء.

يُنقَل الحليب مُباشرةً إلى معامل الزّبدة والجُبْن



يُبسْتَرُ الحليب بالإحماء.

البَسْتَرة
الغليانُ يقتُلُ الجراثيم، لكنّه يُتلِفُ بعض المُغذِّيات أيضًا. أمّا في البَسْترة، فتُحمّى السوائل، كالحليب، إلى درجة ٧٠° س لمدّة ١٥ ثانية ثمّ تبرَّدُ بسُرعة. بهذه الطريقةِ تُبادُ الجراثيم وتُحفَظُ النكهة.

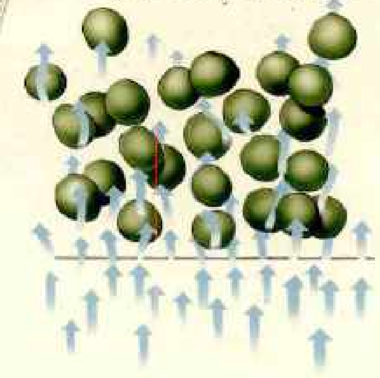
تُضاف بكتيرياتٌ خاصّة إلى الحليب، وهذه تغتذي بالّلكتوز (سُكّر اللّبن) وتحوّلُه إلى حامض اللكتيك (حامض اللبن). وهذا الحامضُ يُخثِّرُ الحليبَ ويُحمِّضُه.

التعليب
تُشاهِدُ في الحوانيت والمتاجر، صغيرِها وكبيرِها، فَيضًا من الأغذية المُعلَّبة، المضمونةِ الجُودةِ والصَّلاحيةِ لمُددٍ طويلة. ففي طريقة التعليب، الأكثرِ شيوعًا لحفظ المأكولات، تُغلَى الأطعمةُ الطازجة هُنيهةً أوّلًا لِلتخلُّص من أنزيماتها، ثمّ تُعلَّبُ وتُسخَّنُ لإبادة الجراثيم؛ وأخيرًا، تُختَمُ العُلَبُ جيِّدًا لمنع وصولِ الأكسجين والجراثيمِ إلى مُحتوياتها.

مِن حليبٍ إلى جُبْن

الحليبُ محلولٌ مائيٌ يحوي بروتينًا وسُكّرًا وفيتامينات ومعادنَ وقطراتٍ من الدُّهن تجعله أبيضَ اللون. غير أنّه يحوي أيضًا بعضَ البكتيريا التي تغتذي وتتكاثر فيه، محوِّلةً إيّاهُ إلى سائلٍ حمضيٍ في بِضعة أيام. وقد اكتشفَ أسلافُنا منذ القِدَم إمكانيةَ حِفْظِ المُغذِّيات في الحليب بتحويله إلى جُبْن. اليومَ، نعرفُ أنواعًا عديدة من الجُبْن، لكنّ مُعظمَها يَمُرّ في إنتاجه بالمراحل الأساسيّة ذاتِها.

يُدفَأُ الحليبُ وتضافُ إليه المِنْفَحة (المُستخرجة من مِعَد العجُول). تحوي المِنْفَحة انزيمًا يدعى الرِّينين (المنفحين) الذي يُخثِّرُ قسمًا من الحليب إلى كُتَلٍ جامدة.



التجميدُ السريع
الجراثيمُ لا تستطيعُ الاغتِذاء والتكاثر في طعامٍ مُجمَّد. في التجميدِ المائعي، تُمرَّرُ موادُّ الطعام الصغيرة، كالبِسِلّى على سَيْرٍ ناقِلةٍ فوق عَصْفٍ من الهواء البارد (-٣٤° س). فتتقافَزُ حبوبُ البِسِلّى في الهواء بحرّيّة بعضُها فوق بعض، كالجُسَيمات في مائعٍ، وتتجمّدُ في دقائقَ معدودات.

تُملّحُ الخُثاراتُ وتُضغطُ لإزالة ما تبقّى بها من مَصل. ثمّ تُشكَّلُ الخُثاراتُ في قوالبَ وتُخزَن على رفوفٍ باردة حتّى تنضَجَ إلى جُبْن.



تُقطَّعُ الكُتَلُ الجامدة أو الخُثارات قِطعًا صغارًا لتيسير تصريف المَصْل. ويُستفاد من مَصل اللبن هذا طعامًا لحيوانات المزرعة.

مُضافاتُ الأطعمة

إعْدادُ الوجباتِ الخفيفة، كالمبيَّنة هنا، وتناوُلُها لا يستغرقُ طويلًا. غير أنَّ هذه الوجباتِ تحوي نسبًا عاليةً من الدُّهون والسُّكَّر وغالبًا ما تكونُ مقوِّماتُها معالَجةً بالكيماويَّات والمُضافات. لِذا ينبغي اللجوءُ إليها عند الاقتضاء فقط. صناعةُ الأغذية تَستخدمُ المضافاتِ لمنع فَسادِ الطعامِ قبل أكلِه، وقد تُضفي عليه منظرًا جذّابًا ومَذاقًا طيِّبًا. وهناك المِئاتُ من مختلفِ المُضافات، بعضُها طبيعي والبعضُ الآخرُ اصطناعي.

المُنكِّهات

بعضُ المَشروبات، كالكولا، تحوي مُنكِّهاتٍ كيماويَّةً طبيعيَّةً تزولُ نكهتُها بالتفكُّك مع الزمن. لِذا يُصارُ إلى الكيماويَّاتِ الاصطناعية ذاتِ المَذاقِ الأحدِّ والأقلِّ عُرضةً للتفكُّك لِمُحاكاة الكيماويَّاتِ الطبيعيَّة.

المُستحلِبات

الدُّهنُ والماءُ لامَزوجَين، فسُرعانَ ما ينفصلُ خليطُهما. غير أنَّ المُستحلِبات، كالليستين (المُحِين) من صَفار البَيض، تبقي على تمازُجهما كما في اللَّبنِ الرائب والشوكولاتة والبوظة.

المُلوِّنات

الخُضَبُ الطبيعيَّة قد تتفكَّكُ تاركةً الطعامَ باهتًا وغير مُشَهٍّ. لكنّ الملوِّنَ الطبيعي، مثل كاروتين بيتا، المُصنَّع من الجزر يحفظُ لعَصيرِ البُرتقالِ لونَه البرتقالي.

مُضادّاتُ التأكسُد

تفاعُلُ الدُّهونِ مع الأكسجين فتولِّدُ حموضًا كريهةَ الطعمِ والرائحةِ تُفسِدُ الطعام؛ وتُستخدمُ مُضادّاتُ التأكسد لمنع هذا التفاعُل. ومن هذه المُضادّات هِدروكسيّ التُولُوين البيوتيلي الذي يمنعُ تعفُّنَ الدُّهن في رقائق الذرة.

في خُبز الشطائر، يَمنعُ الفيتامين ج (حمضُ الاسكوربيك) تفاعُلَ الاكسجين مع دُهْن الخبز.

القواعد الكيماويَّة، مثل بيكربونات الصوديوم والأمونيوم، في البسكويتات تُحسِّنُ نكهتَها وتمنع عنها التغيُّراتِ اللونيَّةَ والحمضيَّة.

مَنظرُ الحلوى والسكاكر الملوَّنة اصطناعيًا يُغري بتناولها.

الحوافِظ

الأملاحُ والسُّكَّرُ تُسمِّمُ الجراثيمَ والفُطريَّات وتقتُلُها. لِذا يُضافُ نِتريت الصوديوم إلى النقانق، وسُوربات البوتاسيوم إلى صالصة البندورة الحرَّة. فأمثالُ هذه الحوافِظ تصونُ الطعامَ طويلًا.

يُبقي بُوقُ المَسْح حُزمةَ الإلكترونات مركَّزةً في مساحة ضيِّقة من وَحدة المعالجة.

مِدْفعةُ إلكترونات تُطلِقُ إلكتروناتٍ عاليةَ الطاقة.

غُرفةُ المَسْح

في قاعة الأطعمة، يُمَرُّ الطعامُ عَبْر حُزْمة الإلكترونات على ارتفاعَيْن ومسافتين مُتباينتين للتأكد من تشعيعه بالكامل.

تُسَيَّرُ الأغذيةُ على سَير الناقلة بالسُّرعة المضبوطة لتتلقى الجُرعةَ المصرَّح بها من الإشعاع.

التشعيع

تَستخدِمُ هذه الطريقةُ الإشعاعاتِ التي تخترقُ الأطعمةَ فتقتلُ ما فيها من متعضِّيات. لكنَّ تشعيعَ الثِّمارِ والخُضار يبطِّئُ نُضجَها ويوقِف نموَّها. كما إنَّ التشعيعَ يُغيِّرُ جُزيئاتِ الطعامِ ذاتِه، وقد يتلِفُ الفيتامينات والمغذِّيات الأخرى فيه. لذلك، وبسبب الخوف من ارتفاع مستوى النشاط الإشعاعيِّ في الأغذية المُعالَجة، يبقى تعريضُ الأغذيةِ للإشعاع تقنيةً مُثيرةً للجَدَل والخِلاف.

مُعالجةُ الأطعمة

٤٠٠٠ ق.م. إسْتُخدِمَ التمليحُ والتدخينُ والتقديدُ في حفظ الأطعمة.

٣٠٠٠ ق.م. إسْتُخدمت الخميرةُ في صُنع المشروباتِ الكُحوليَّة بالتخمير.

٢٠٠ م. إستُخدمت البكتيريا المُختَرة في صنع اللَّبن الرائب بالتخمير.

١٨١٠ اكتشف نقولا فرنسوا أبير (١٧٥٢-١٨٤١) طريقةً لحفظ الطعام في أوعيةٍ محكمةِ السدّ. ومن هذا الاكتشاف تطورت صناعةُ التعليب.

١٨٦٠-١٨٧٠ إبتكر لويس باستور (١٨٢٢-١٨٩٥) طريقةً لقتل الميكروبات الضارة في النبيذ والجعة.

حوالى ١٩٢٠ طوَّر كلارنس بيردزآي (١٨٦٦-١٩٥٦) طريقةً لتجميد الطعام بسُرعة.

خَلايا الخميرة الدقيقة

الميكروباتُ المُفيدة

يتحوَّلُ عصيرُ العِنب في هذه الخَوابي إلى نبيذٍ بِفِعْل ملايين خلايا الخميرة الدقيقة. وقد اسْتُخدمت هذه الخمائرُ منذُ آلافِ السنين في صُنع المشروباتِ الكحوليَّة والخُبز. هذا الاستِخدامُ طُوِّرَ اليومَ لِتصنيع موادَّ نافعةٍ أخرى من موادَّ لاتقليديَّة فيما يُسمَّى بالتقانة البيولوجية. فبعضُ الميكروبات تستطيعُ تحويلَ الميثانول، المحضَّرِ من الغاز الطبيعي، والنُّفايات، من صِناعة الوَرَق، إلى عَلَفٍ لحيوانات المَزارع.

لمزيد من المعلومات انظر
النشاط الإشعاعي (الفاعليَّة الإشعاعيَّة) ص ٢٦
الأكسَدة والاختزال ص ٦٤
كيمياءُ الأغذية ص ٧٨
الاختمار ص ٨٠
حقائقُ ومعلومات ص ٤٠٦

صِناعةُ القِلْويّات

القِلويّاتُ المُحضَّرةُ من مِلح الطعام (كلوريد الصوديوم) أساسيَّةٌ في صُنْع الصابون. والقِلْويّانِ الأهمُّ اللذان يُحضّرانِ من هذا الملح هما هِدروكسيد الصوديوم وكربونات الصوديوم. والواقِعُ أنَّ هذين القِلْويّيْنِ هما الأهمُّ بين ما تنتجه صناعةُ القِلْويّات إذ يُسْتَخدمان في صُنْعِ مُنتجاتٍ عديدة. ويبلغُ ما تنتِجهُ المعاملُ الكيماويةِ في مختلِف أقطارِ العالَم، من كُلٍّ منهما، حوالى ٣٥ مليون طن سنويًّا. يُحَضَّرُ هِدروكسيد الصوديوم بإمرار تيارٍ كهربائيٍّ عَبْرَ مَحلولٍ مِلحيّ. وتُنتِجُ عمليةُ الكَهْرَلة هذه في الوقت نفسِه غازَ الكلور. يعني أنَّ مصنعَ هذا القلي هو مصنعٌ لِلكلور أيضًا. أمّا القِليُ المهمُّ الآخر، كربونات الصوديوم، فيحضَّرُ من محلول الملح وثاني أكسيد الكَربون بطريقةِ صولفي خاصّةً.

يُحَضَّرُ هِدروكسيد الصوديوم بإمرار الكهرباءِ عبْرَ السائلِ الملحيّ في هذه الخلايا الإلكتروليتية.

هِدروكسيد الصوديوم

يتألَّفُ محلولُ المِلحِ في الماء مِن أربعة أنواعٍ من الأيونات هي: أيونات الصوديوم والكلوريد والهِدروجين والهِدروكسيد. وفي أثناء الكَهْرَلة تنجذبُ الأيوناتُ السّالبة (أي الكلوريد والهدروكسيد) نحوَ الأنود، والأيوناتُ الموجَبة (أي الصوديوم والهِدروجين) نحو الكاثود. وعندما ينفصلُ الصوديوم عن الكلوريد، يتفاعلُ مع الماء فيُوَلِّدُ هِدروكسيد الصوديوم.

تتجمَّعُ أيوناتُ الهدروجين حَوْلَ الكاثود (المَهبط) وتغادِرُ الخليةَ الإلكتروليتية كغازِ الهدروجين.

أيوناتُ الكلوريد تُكَوِّنُ غازَ الكلور الذي يترك المحلول

يمكنُ زيادةُ تركيزِ هدروكسيد الصوديوم بتبخيرِ بعضِ الماء من المحلول.

الكاثود (المَهبِط)

فاصِلٌ يمنعُ غازَ الكلور من الوصول إلى هدروكسيد الصوديوم والتفاعُلِ معه.

الأنود (المُصْعِد)

محلولُ هِدروكسيد الصوديوم في الماء

صناعة الكيماويّات ٣٠٪

استعمالاتٌ متنوِّعة أخرى ٣٩٪

ألياف اصطناعيّة ١٦٪

صابون ٥٪

لمعادلة الحوامض ٥٪

صِناعة الوَرَق ٥٪

استِعمالاتُ هدروكسيد الصوديوم

المعروفُ عن القِلْويّات أنّها تُعادِلُ الحوامِض. لكن لِهدروكسيد الصوديوم في الصناعة استِعمالاتٌ عديدةٌ أخرى تشمَلُ تصنيعَ موادِّ التقصير والأدوية والأصباغِ والمُنتجات القُطنيَّة، كما يُستعمَلُ أيضًا في مُعالجة الأغذيةِ والفِلزّات والمَطّاط.

أوْعية زُجاجية ٥٠٪

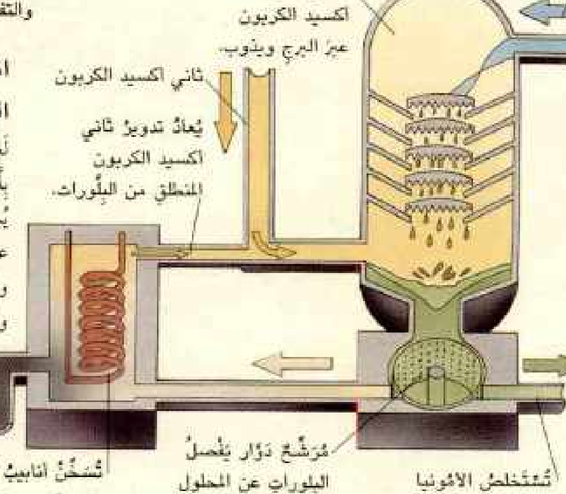
الزُجاجُ الرغاوي واللوحي بمختلف أنواعه ١٠٪

كيماويّات ٢٥٪

مُنظِّفات ١٥٪

استِعمالاتُ كربوناتِ الصوديوم

لَعلّك شاهدتَ هذا القِلْيَ بشكلِ بلّورات صودا الغسيل؛ لكنّه يُستعمَل أيضًا في تصنيع مُنتجاتٍ عديدةٍ شتّى - من الخَزَفيّات والأقمشة إلى الصُّوَر الفوتوغرافيّة والمصنوعاتِ الجِلْديّة.



كربوناتُ الصوديوم

يمتَصُّ المحلولُ المِلحيُّ ثاني أكسيد الكربون ليُكَوِّنَ كربونات الصوديوم. وفي **طريقة صُولْفي**، يُذابُ ثاني أكسيد الكربون في المَحلول المِلحيّ والأمونيا؛ فيتكَوَّنُ في المحلول بِلَّوراتٌ من بيكربونات الصوديوم وهِدروكسيد الأمونيوم. ثمّ تحَمّى البلوراتُ الناتجة لِلحصول على كربونات الصوديوم.

خاماتُ الترونا

خاماتُ البُحيرات الجافّةِ والأحواضِ النطرونية الطبيعية، في مناطقَ مختلفةٍ من العالَم، تتألّفُ من كربونات وبيكربونات الصوديوم. وهي مصدرٌ مهمٌّ لِكربونات الصوديوم إذ يمكِنُ استِخلاصُها منها نقيَّةً بسُهولةٍ دونَ اللجوءِ إلى طريقة صُولْفي.

لمزيد من المعلومات انْظُر

الترابُطُ الكيماوي ص ٢٨
الفلزّاتُ القِلْويّة ص ٣٤
الهالوجينات ص ٤٦
الكَهْرَلة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
القِلْويّاتُ والقواعد ص ٧٠
حقائقُ ومَعلومات ص ٤٠٦

الصّابُون والمُنَظِّفات

الصَّابونُ مُنظِّفٌ أساسيٌّ لا غِنًى عنه لِتحقيقِ مُستوى نظافةٍ مَقبول. فالماءُ وحدَه، رُغم استطاعتِه إذابةَ الكثيرِ من الأوساخ، عاجزٌ عن إذابةِ الشحومِ والدُّهون؛ لكنْ حينَ يُفكِّكُها الصابونُ فإنَّ الماء يشطُفُها بسُهولة. يُحَضَّرُ الصابونُ بتفاعُل هِدروكسيدِ الصوديوم مع الدُّهون أو الزيوتِ الحيوانيّةِ والنّباتيّة. بعضُ أنواعِ الماء عَسِرٌ لا يرغو فيه الصابون لِاحْتِوائه مُركَّباتٍ كيماويّةً تتفاعل مع الصابونِ لِتكوِّنَ أملاحًا غُثائيّةً غيرَ ذوّابة. المُنظِّفاتُ الاصطناعيّةُ تُحاكي فعلَ الصابون، أكانَ الماءُ يَسِرًا أو عَسِرًا، دونَما زَبدٍ أو غُثاء؛ وهي تحضَّرُ بمُفاعلةِ كيماويّاتٍ من النفط الخام مع حامِض الكبريتيك.



منظّفُ ارضيّات

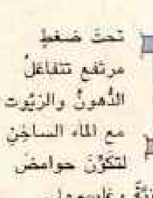
شامبو

سائلُ جَلْيٍ

صابون

مُنَظّفاتٌ مُختلفة

تعملُ المنَظّفاتُ المختلفة بأساليبَ شتّى. فالصابونُ يُغطّي الجلدَ بجُزيئات مُزيلةٍ للشحم. وفي الشامبو كيماويّاتٌ إضافيّةٌ تُثبِّتُ الرغوةَ على الشَّعْر بينما تفكّكُ الشحم. أمّا منظّفُ الأرضيّات فيحوي كيماويّاتٍ مُعزِّزةً لإزالة الأوساخِ الرمليّة أو الخشِنة. وتحوي سوائلُ الجَلْي كيماويّاتٍ أخرى لإزالة فُتاتِ الأطعمةِ الدُّهنيّة.



عمليّةُ التّنظيف

عندما تمسَحُ الأرضيةَ بجُهدٍ، يشارِكُ الصابونُ أو المُنظِّف بجُهدٍ مُماثل. إذ إنَّ لجُزيئاتِ الصابونِ والمُنظِّفِ رؤوسًا أليفةً للماء وأذيالًا أليفةً للشحم. وعندَ مزجِ الصابونِ أو المنَظِّفِ بالماء، فإنَّ الرؤوسَ أليفةَ الماء تذوبُ فيه، فيما تلتصقُ الأذيالُ أليفةُ الشحم بالشحم وتُزيلُه عن السطح.

تنظيفُ الأقمشة

أليافُ القميصِ القُطنية (إلى اليسار) مُغطّاةٌ بالشحم. عِندَ غَسلِ القميصِ تهاجِمُ جُزيئاتُ الصابونِ والمنَظّفِ الشحمَ الملتصِقَ بتلك الألياف وتزيلُه (إلى اليمين).

رؤوسُ الجُزيئات

يحوي الماءُ العَسِر ذرّاتٍ من الكالسيوم أو المغنسيوم. وهذه الذرّاتُ تَحُلُّ مَحلَّ ذرّاتِ الصوديوم في رؤوس جُزيئاتِ الصابون أليفةِ الماء فتكَوِّنُ غُثاءً مُزبِدًا.

يَحُلُّ الكبريتُ محلَّ الكربون في رؤوس جُزيئاتِ المنظّف أليفةِ الماء؛ فلا يعودُ الكالسيوم والمغنسيوم يكوّنان الغُثاءَ أو الزَّبَد.

صُنْعُ الصابون

لِصُنعِ الصابون، تُحمَّى الدُّهونُ أو الزيوت حتى تتفكَّكَ إلى حوامضَ دُهنيّةٍ وغليسرول. ثمّ تُفاعَلُ الحوامضُ الدهنيةُ فتُنتِجُ الصابونَ والغليسرول. ويُزالُ الغليسرول من الصابون بإذابته في مَحلولٍ مِلْحيّ. وقبلَ تشكيلِ الصابون إلى كُتَلٍ أو قُشارات أو مساحيق، تُضافُ إليه كيماويّاتٌ مُختلفةٌ لِقتل الجراثيم وإزالةِ عُسْرِ الماء وإضفاءِ اللون والرائحةِ المطلوبَين. إنَّ صُنعَ قطعةٍ من الصابون من موادِّها الأوليّة لا يستغرقُ أكثرَ من ١٥ دقيقة.

مُقوّماتُ مساحيقِ الغسيل

تحوي مُعظمُ مساحيقِ الغسيلِ أنزيماتٍ بمقدورِها تفكيكُ الجُزيئاتِ في بُقَعِ العَرقِ والدَّم. كما تحوي مُنصِّعاتٍ صِباغيّةً تُكسِبُ الملابسَ زهوًا وإشراقًا - إضافةً إلى كيماويّاتٍ تزيلُ عُسرَ الماء أو تعزِّزُ إزالةَ الأوساخ وتمنعُ عودةَ ترسُّبِها على الملابس المنَظَّفة، أو تحفظُ الحموضةَ ثابتةً لمختلِفِ التفاعُلاتِ الكيماويّة.

لمزيد من المعلومات انظر

الفُسْفور ص ٤٣
المُزَيِّجاتُ والمَزيجات ص ٥٨
المحاليل ص ٦٠
القِلْويّاتُ والقواعِد ص ٧٠
كيمياءُ الماء ص ٧٥
حقائقُ ومعلومات ص ٤٠٦

مُنْتَجاتُ الفَحْم

عِندما نُحرقُ الفَحمَ نُطلِقُ طاقةً وكيماويّاتٍ احتُبِسَت منذ ٢٥٠ مليون سنة، حينَ أخذَت أعدادٌ ضخمةٌ من النباتات المَيْتةِ تنحَلُّ ببُطءٍ إلى فَحْم. يُزوِّدنا الفحمُ بالطاقةِ اللازمةِ لتدوير المُوَلِّداتِ الكهربائيّةِ في الكثير من محطاتِ القُدْرة. كما إنَّ إحماءَ الفحم بِمَعْزِلٍ عن الهواء، يُحوِّلُه إلى فحم الكُوك، الذي هو وقودُ أفرانِ السَّفْعِ المُستخدمةِ لاستِخراج الفلِزّات، كالحديد، من خاماتها. وقد يُعالجُ الكوكُ لإطلاق كيماويّاتٍ أخرى - كالأمُّونيا والقار وغازِ الفحم (غاز الاستِصباح). وهذه الكيماويّاتُ يمكِنُ تحويلُها إلى كيماويّاتٍ جديدة لتصنيع الكثيرِ من المنتجات المختلفةِ كالأصْباغ والدِّهاناتِ والأدوية. والواقعُ أنَّ هنالك أكثرَ من ٢٠٠٠ مادةٍ كيماويّةٍ يمكِنُ صُنْعُها من الفَحْم.



قَيْدَ التفحُّم

في غابرِ الأزمان استخدَمت نباتاتُ المُستَنقعات طاقةَ الشّمس وكيماويّاتٍ بيئاتها لبناء واختزانِ الطاقةِ الكيماويّةِ في خلاياها. وعندما ماتت تلك النباتاتُ تحوّلت بقاياها إلى فَحْم.

مِن فَحْمٍ إلى كُوك

عندما يُحمَى الفحمُ في أفرانٍ بمعزِلٍ عن الهواء إلى درجة حرارةٍ تتراوحُ بين ٩٠٠° وَ ١٣٠٠° س، ينبعثُ منه مزيجٌ من الغازات والسّوائل - يُفصَلُ تاليًا إلى غاز الفحم، ومحلول الأمُّونيا المائي، وقار الفَحْم. أمّا الجامدُ المُتبقي فهو الكُوك الذي يحوي أكثرَ من ٨٠ في المئة من الكربون.

تَنْتُجُ غازُ الأمّونيا في حامض الكبريتيك فينتُجُ من تفاعُلِهما بِلّوراتُ كبريتات الأمونيوم. وقد ظلّت هذه البِلّوراتُ المصدرَ الرئيسيَّ للأسمدة الكيماويّة حتى العام ١٩١٣.

يحوي غازُ الفَحْم (او غازُ الاستِصباح) الهِدْروجينَ والميثانَ وأوّلَ أكسيد الكربون. وقد استُخْدِمَ للإنارة أول مرّةٍ عام ١٧٩٢. وفي القرن التاسع عشَر، عَمَّ استِخدامُ غاز الفحم للإنارة والطبخ في العديد من المُدُن.

سائل الأمّونيا

غاز الفَحْم (غاز الاستِصباح)

تحضَّرُ أنواعٌ عديدة من الكُوك بإحماء أنواعٍ مختلفة من الفحم إلى درجات حرارةٍ خفيضة او عالية. وتُستخدمُ أنواعُ الكوك هذه وُفْقًا في الصناعةِ أو للتدفئة في المنازل.

قار الفَحْم

الكُوك

إحراقُ الفحْم

كيماويّاتُ قار الفَحْم

يحوي قارُ الفحم العديدَ من الكيماويّات المُفيدة، التي يجري فَصْلُها بالتقطير إذ لِكُلٍّ منها درجةُ غليانٍ مُختلفة. فمِنَ الكيماويّاتِ ذاتِ درجاتِ الغلَيان العالية الزِّفْتُ والكريُوزوتُ، ومِن ذات درجاتِ الغلَيان الأخفض البنزينُ وحامِض الكربوليك.

كربون

البنزينُ مُرَكّبٌ حَلَقيٌ من ذرّات الهدروجين والكربون.

هدروجين

تُرَشُّ الأشجارُ المُثمرة بمُبيداتٍ تُصنَعُ من قار الفحم.



جُزَيئاتٌ مُفيدة كيماويًا

تُشكّلُ الجُزَيئاتُ في قار الفحم الموادَّ الأوّليّةَ لِصُنْعِ المِئات من الكيماويّات الجديدة. فبإضافة كيماويّاتٍ أخرى إلى تلك الجُزَيئات يُمكِنُ صُنْعُ آلافٍ من المركّبات المُفيدة. فالكريُوزوت يُستَخدم دونَما تكريرٍ كمادّةٍ حافظةٍ للخشب، وتستخدمُ جزيئاتُه المُختلفة، مُنفصلةً، موادَّ أوّليّةً لِصناعة المُبيدات والأدوية.

صُنِعَت الأصباغُ الاصطناعيّة الأولى من الأنيلين - أحدِ المركّبات في قار الفحم

صابون قار الفحْم

المُلَوِّناتُ والمُبيدات

في الخمسينيّات من القرنِ التاسعَ عشَر، صنَعَ الكيماويّون الأصباغَ الاصطناعيّةَ الأولى من كيماويّاتِ قار الفحم. فكانت أكثرَ زُهُوًا من معظم الأصباغِ الطبيعيّةِ وأشدَّ منها رسوخًا في الأقمشة كما إنّها لا تبهتُ بالضوء. وعندما اكتُشِفت الخصائصُ المُطهِّرة لحامِض الكربوليك (أحدِ كيماويّات قار الفحم)، أُضيفَ إلى الصابون لِقتل الجَراثيم.

خبّاتُ دواءٍ من قار الفحم

لمزيد من المعلومات انْظُر

الكربون ص ٤٠
الأمّونيا ص ٩٠
مُنتجاتُ الغاز ص ٩٧
مُنتجاتُ النّفْط ص ٩٨
الأصْباغ والخُضُب ص ١٠٢
حقائق ومعلومات ص ٤٠٦

مُنْتَجاتُ الغاز

اللَّهَبُ المُشْتَعِل في مَوقدِ الغاز هو الطَّورُ الأخير من مراحِلِ حياة الميثان الطويلةِ على مدى ملايين السنين، مُنذُ أَخذت بقايا الحيواناتِ والنباتات البحريَّة الدقيقةِ تتحَوَّلُ إلى غازٍ طبيعيّ احتُبِسَ في طبقات الأرضِ المتصخِّرة. ويتألَّفُ الغازُ الطبيعيّ في مُعظمِه من الميثان إضافةً إلى كيماويّاتٍ أُخرى أيضًا. وفي ثلاثينيّات القرنِ العشرين بدأ استخدامُ الغازِ الطبيعيّ المُزالِ الشوائب كوقودٍ على نِطاقٍ واسِع. ولم يمضِ طويلُ وقتٍ حتى اكتشفَ الكيماويّون إمكانيَّةَ استِخدام تلك الشوائبِ كموادَّ أوّليَّةٍ في صناعاتٍ أُخرى؛ وطال ذلك الميثانَ نفسَه فغدا يُستَخدمُ كمادَّةٍ أوليَّةٍ لإنتاج المئاتِ من المُنتَجات المُختلفة، من الأَسْمدةِ إلى المنَظِّفات، بل لقد أمكنَ استِخدامُه حتى في صُنع البُروتين.

البروبان

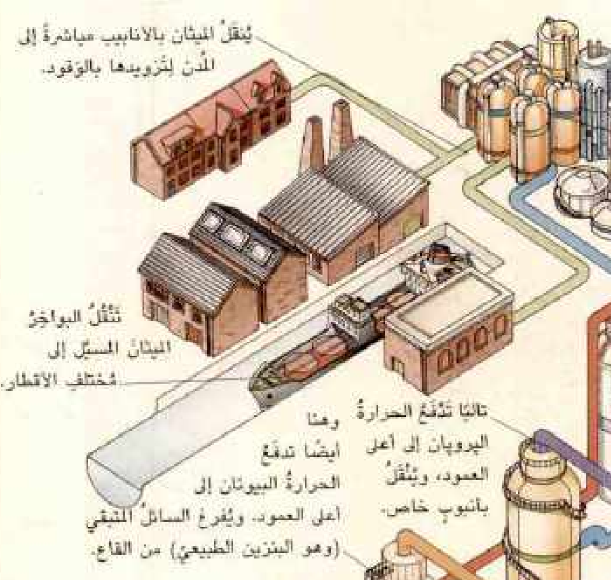
الميثان

البيوتان

الإيثان

مَزيجٌ من الغازات

هناك أربعةُ غازات أساسيَّة في الغاز الطبيعي، بنِسَبٍ مئوية متغيِّرة – هي في المعدَّل: ٨٠٪ ميثان، ٧٪ إيثان، ٦٪ بروبان و ٢,٥٪ بيوتان.



يُنقَلُ الميثان بالانابيب مباشرةً إلى المُدن لِتَزويدها بالوقود.

تَنقُلُ البواخِرُ الميثانَ المسيَّل إلى مُختلف الأقطار.

في وَحدة الاستخلاص يُفصَلُ الميثان عن الغازات الأخرى وعما تبقى من سوائل.

تُحتَبسُ السوائلُ في قاعِ «مُجمّع البَطيئات».

يُخفَّضُ الضغط لكي تتسيَّل الهدروكربونات الثقيلة.

يُنقَلُ مزيجُ الغازات والسوائل بالأنابيب من بُرجِ الحَفْرِ إلى وَحدة الفَصل.

فَصلُ الغازات

تُزالُ شوائبُ الغازِ الطبيعيّ بوسائلَ متنوِّعة. فبخفضِ الضغط تتسيَّلُ بعضُ الهدروكربونات الثقيلةِ وتنفصلُ عن الغاز. كما يُزالُ الماءُ بالكحول، ويتمُّ امتِصاصُ الكبريت وثاني أكسيدِ الكربون بكيماويّاتٍ خاصّة.

في هذا العمود البُرجي، تُدفَعُ الحرارةُ الإيثانَ إلى أعلى حيثُ يُنقَلُ بأنبوبٍ خاصٍّ – في حينَ تنتقلُ الغازاتُ والسوائلُ الأخرى إلى العمود التالي.

ثانيًا تَدْفَعُ الحرارةُ البروبانَ إلى أعلى العمود، ويُنقَلُ بأنبوبٍ خاص.

وهنا أيضًا تدفَعُ الحرارةُ البيوتانَ إلى أعلى العمود، ويُفرغُ السائلُ المتبقي (وهو البنزين الطبيعيّ) من القاع.

يُستَخدمُ البنزين الطبيعي لِصُنع وَقود الديزل.

وَحدةُ تبريد

عندما يُخفى الإيثان، يفقدُ جُزيئُه ذرَّتين من الهدروجين متحوِّلًا إلى إيثين. الرابطةُ الثنائيَّة بينَ ذرَّتي الكربون تجعلُ الإيثينَ أكثرَ فاعليَّةً من الإيثان وأكثرَ فائدةً كمادَّةٍ أوليَّة.

يُسَيَّلُ البيوتان ويُنقَلُ بأنبوبٍ خاص إلى صهريج تخزين.

يُسَيَّلُ البروبان ويُنقَلُ بأنبوبٍ خاص إلى صهريج تخزين.

يُنقَلُ الإيثان بأنبوبٍ خاصٍّ لِلمعالجة في وَحْدةٍ كيماويّة.

اللدائن

تَستخرجُ الصناعةُ الكيماويَّة العالميَّة من الغاز الطبيعيِّ والنِّفط حوالى ٤٠ مليون طن من الإيثين سنويًّا. يتفاعَلُ الإيثين بِسُهولةٍ مع كيماويّاتٍ أُخرى، أو ذاتيًّا (بالبَلْمَرة «الكَوْثَرة») لِتكوينِ مدًى واسعٍ من المواد اللدائنيَّة.

الغازُ المُسَيَّل

يُسَيَّلُ البيوتان والبروبان بالضغط، لكنَّهما يتحوَّلان ثانيةً بزواله. وتعتمدُ مواقدُ المُخيماتِ والفوانيسُ والقَدّاحات على الغاز المُسيَّل.

لمزيد من المعلومات انْظُر



الدُّمى البطِّيّة واحذيةُ التزَلُّج اللدائنيَّة ما هُما إلا نوعانِ فقط من المُنتجات اللدائنيَّة الكثيرة المُصنَّعة من الإيثين.

الشوائبُ المُفيدة

الكيماويّاتُ المُزالةُ في تَنقية الغازِ الطبيعي لها استعمالاتُها أيضًا. فالكبريتُ يُوَفِّرُ المادةَ الأوليَّة لِصُنع حامض الكبريتيك. ويُستعملُ الهدروجين في صُنع الأمُونيا. أمّا الهِلْيوم، الغازُ اللامتفاعِلُ والفائق الخِفَّة، فيُستَخدمُ في تعبئة المناطيدِ والتحكُّم في ضغط وَقُودِ الصواريخ.

مُنْتَجاتُ النِّفْط

لا يَقْتَصِرُ استِعمالُ النِّفْط على توفير الطاقةِ لِتَدوير عجلاتِ السيّارات فقط، بل يَتَعدّاهُ إلى تعبيد الطُّرُقِ التي تسيرُ عليها أيضًا. يتواجدُ النِّفْط «الزَّيْتُ الخام» طبيعيًّا كسائلٍ أسودَ لَزِجٍ حادِّ الرائحة في باطِنِ الأرضِ أو تحتَ البحر. ويتألَّفُ في معظمه من الهِدروكربونات (وهي مُرَكَّباتٌ من ذَرّاتِ الهِدروجين والكربون) مُترابطةٌ في سَلاسِلَ طويلةٍ تكَوَّنت منذُ أكثر من ٢٠٠ مليون سنة من انحلال بَقايا الحيواناتِ والنباتات البحريَّة المُنْدَثِرة. وقد اكتشفَ الكيماويونَ في مطلع القرنِ العشرين أنَّ بِإمكانِهِم فَصْلَ هدروكربونات النِّفْط المختلفةِ بالتسخين والتقطيرِ التجزيئي. وهم يُصنِّعونَ اليومَ آلافَ المُنْتَجاتِ من الزَّيْت الخام.

الهدروكربوناتُ الثقيلة، أو الطويلةُ السلسلة، سَوداءُ اللون، شمعيَّةٌ، غليظةُ القوام.

الهدروكربوناتُ الخفيفة، أو القصيرةُ السلسلة، باهِتةُ اللون نسبيًّا ورقيقةُ القوام.

الزُّيوت الخام

يحوي النِّفْطُ مزيجًا من الهدروكربونات، المتباينةِ عدد ذرّاتِ الكربون في سلاسِلِها. وتتغيَّرُ نِسَبُ هذه الهدروكربونات في النِّفط من موقعٍ إلى آخر. فَنِفْطُ الشرقِ الأوسط يَحوي الكثيرَ من الجُزَيْئات الطَّويلة، التي تجعلُه غليظَ القوام. أمّا نِفْطُ بحرِ الشمال فالجُزَيْئاتُ الطويلة فيه أقلُّ، وهو أرقُّ قوامًا.

غازاتُ المِصْفاة

على ٢٠° س تَبْقى أربعةُ هدروكربونات فقط في الحالة الغازيَّة هي: الميثان والإيثان والبروبان والبيوتان. ويُسْتَخدَمُ بعضُ الميثان والبروبان وَقودًا لإحماء النِّفط في عمليّة التجزئة، لكنَّ معظمَهُ يُسْتَخدم في صُنْع الكيماويّات. ويُعَبَّأُ البروبانُ والبيوتان في القوارير وَقودًا لمواقِدِ وقناديلِ الغاز النقّالة.

الغازُولين

بين ٢٠° و ٧٠° س يتقطَّرُ سائلٌ رقيقُ القوام يُدعى الغازولين أو البنزين. ويتراوح عدَدُ ذرّاتِ الكربون في هدروكربونات الغازولين بين خمس وعشر ذرّات. ويُسْتَخدمُ الغازولين غالبًا كوَقودٍ للسيّارات، لكنّه يشكّلُ أيضًا مادةً أوّليّةً لِصُنْعِ اللدائنِ والمُنظِّفات.

النَّفْتا

يتكثَّفُ هذا السائلُ الأصفرُ على درجات الحرارة بينَ ٧٠° و ١٦٠° س. ويتراوحُ محتوى جُزَيْئه من ٨ إلى ١٢ ذرّة من الكربون، مما يُيَسِّرُ استِخدامَه في صُنْعِ وَقودٍ للسيّارات واللدائن وكيماويّاتٍ مختلفة من أدويةٍ ومُبيدات وأسمدة. كما يُسْتَخدمُ كمُذيبٍ لِمُعالجة المطّاط واستِخراج الزيت من البُزور.

الكيروسين

يتكثَّفُ الكيروسين أو الكاز كسائلٍ زيتيٍّ خفيفٍ على درجات الحرارة بين ١٦٠° و ٢٥٠° س. ويتراوحُ مُحتوى جُزَيْئه من ١٠ إلى ١٦ ذرّة كربون. ويُسْتَخدمُ الكيروسين في صُنْع وَقود طائراتِ الاحتراق في المحرِّكات النفّاثة. كما يُسْتَخدمُ للتدفئة والإضاءة وفي مُذيبات الدِّهانات.

زَيْتُ الغاز (السُّولار أو المازوت)

يتكثَّفُ زيتُ الغاز في مَدًى حراريّ يتراوحُ بين ٢٥٠° إلى ٣٥٠° س، ويحوي جُزَيْئُه من ١٤ إلى ٢٠ ذرَّة كربون. ويُسْتَخدم زيتُ الغاز في صُنع وَقودِ الديزل وزيتِ التدفئة المركزيّة. كما يُلَيَّنُ به الأسفَلْتُ لِيَسْهُلَ فَرْشُه.

يُحْمى الزيتُ الخام في فُرنٍ إلى حوالى ٤٠٠° س قبلَ مُروره كغازاتٍ إلى عمود التقطيرِ التجزيئي.

ترتفعُ الغازاتُ في العمود عَبْرَ أكواب الفقاقيع. فإذا كانت درجةُ الحرارة خفيضةً بالقَدْر الكافي يتكثَّفُ الغازُ على الكوب وينسابُ سائلًا.

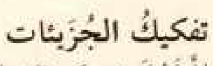
التقطير التجزيئي

عندَ إحماءِ الزيت الخام (النِّفط) إلى درجةِ حرارة مُعيَّنة تتحوَّل هِدروكربوناتُه إلى غازاتٍ مختلفة. ثُمَّ يعودُ كُلُّ غازٍ فيتكثَّفُ إلى سائلٍ على درجة حرارةٍ مُحَدَّدةٍ مختلفة. وهكذا يمكِنُ فَصْلُ الزيت إلى أجزائه المُختلفة بالتقطير التجزيئي. يُلقَمُ الزيتُ الخام حارًّا على مقربةٍ من قاعدة العمود، فتتكثَّفُ الهدروكربوناتُ الأثقلُ على القَور وتهبطُ إلى المُستوى السُّفلي. أمّا الهدروكربوناتُ الأخرى، فترتفعُ بحالتها الغازيَّة عَبْرَ العمودِ حتى تبردَ بما فيه الكفاية لِتتكثَّفَ سوائلَ (على درجاتِ حرارةٍ أقلَّ قليلًا من درجة غليانِها). ثمّ تُنْقَلُ هذه الهدروكربونات بالأنابيب لِلمُعالجة اللاحقة.

يُعبِّد الأسفَلْتُ سُطوحَ الكثير من الطُّرُقات في العالم.

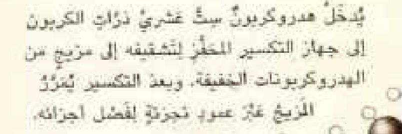
مُخَلَّفاتُ التقطير

كُلُّ الهدروكربوناتِ التي يحوي الجُزَيْءُ منها أكثرَ من ٢٠ ذرّةَ كربون تتكثَّفُ حالما تدخلُ إلى العمود. ويتمُّ فَصْلُ مَزيج الهدروكربونات الثقيلةِ بالإحماء لِلحصول على زَيْتِ التزليق والفازلين والشَّمْع والقار.

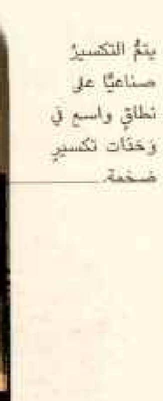


تفكيكُ الجُزيئات

إنَّ فَصْلَ هِدروكربوناتِ النِّفْط بالتقطيرِ التجزيئيّ يُعطينا أكثرَ مِمّا يُمكِنُ استخدامُه من الجُزيئاتِ الطويلةِ السِّلسلة، وأقلَّ مِمّا هو مطلوبٌ من الجُزيئاتِ الأصغرِ كالنِّفْتا والغازولين. أمّا التكسيرُ المُحفَّزُ فيُشقِّقُ الجُزيئاتِ الكبيرة إلى جُزيئاتٍ صغيرة أكثرَ نفعًا. في عمليّةِ التكسيرِ يُحمى الزيتُ الثقيلُ تحتَ الضغطِ في حُجرةِ تكسيرٍ خاصّة؛ فتتفكّكُ بعضُ الروابطِ بينَ ذرّاتِ الكربون تاركةً مزيجًا من الهِدروكربونات ذاتِ السِّلسلةِ الأقصر. وتسرِّعُ عمليةَ التكسير باستخدامِ حفّازٍ كيماوي، كما يُمكِنُ إجراءُ التكسيرِ على درجةِ حرارةٍ أخفض.



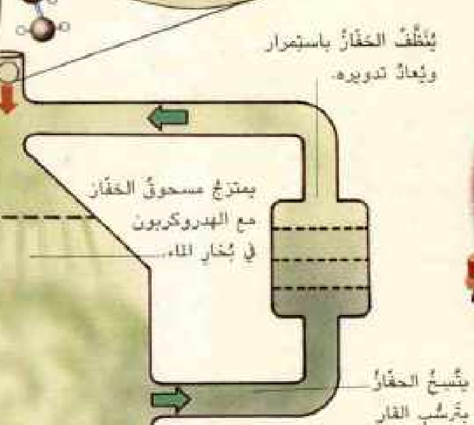
يُدخَلُ هدروكربونٌ ستَّ عشريُّ ذرّاتِ الكربون إلى جهازِ التكسيرِ المحفَّزِ لتشقيقه إلى مزيجٍ من الهدروكربونات الخفيفة. وبعدَ التكسيرِ يُمرَّرُ المزيجُ عبْرَ عمودِ تجزئةٍ لفصلِ أجزائه.



يتمُّ التكسيرُ صناعيًّا على نطاقٍ واسعٍ في وحَداتِ تكسيرٍ ضخمة.

داخلَ جهازِ التكسير

تُمرَّرُ الهدروكربوناتُ المُحماةُ بالبُخارِ فوقَ مسحوقِ الحفّازِ السّاخنِ المؤلَّفِ من جَلِ السِّليكا والألومينا. فيُوفِّرُ الحفّازُ سطحًا شاسعًا تتفكَّكُ عليه الهدروكربوناتُ الكبيرة إلى هدروكربوناتٍ أصغرَ وأكثرَ نفعًا.



لُعَبٌ لدائنيّة من البوليثين

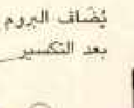
شقفةٌ من البوليثين

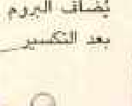
اللدائن

إذا سُخِّنَ الإيثين تحتَ الضغطِ تترابطُ مجموعاتٌ تضمُّ ٣٠,٠٠٠ أو أكثر من الجُزيئات لِتكوِّنَ سلاسلَ طويلة من البوليثين. ومن الموادِّ اللدائنيّة الأخرى التي تُصنَعُ من الإيثين البوليسترين، ويُحضَّرُ بمَزْجِ البنزين مع الإيثين. وأحدُ استعمالاتِ البوليسترين هو في صُنْعِ لُعَبِ الأطفالِ المأمونة. كذلك يُصنَعُ كلوريد البوليفاينِل من الإيثين والكلور.

استعمالاتُ الإيثين المتعدِّدة

تُفصَلُ المركَّباتُ بعدَ التكسيرِ في عمودِ التجزئة. والإيثين، أحدُ تلك المركَّبات، شديدُ التفاعليةِ بحيثُ يستطيعُ الترابطَ مع كيماويّاتٍ كثيرةٍ أخرى، وحتى مع جُزيئاتٍ أخرى منه، مكوِّنًا العديدَ جدًّا من السوائلِ والجوامدِ المُفيدة.







يتفاعلُ الإيثينُ مع الماء لإنتاجِ مُذيبِ الدّهانات والعُطور.





الإيثانول

يتّحدُ الإيثين مع الماء لتحضيرِ الإيثانول، أو الكحول الإثيلي – المُذيب المُهِمّ في تصنيعِ العديدِ من الدّهانات ومُستحضراتِ التجميل والعُطوراتِ والصّابون والأصباغ. وإذا أُضيفَ الأكسجينُ إلى الإيثانول يَنتُجُ حامِضُ الإيثانويك (أو حامِضُ الخلّيك) الذي يُستَخدَمُ في صُنعِ الأليافِ الاصْطناعيّة.

مُضافٌ بنزينيّ

إضافةُ البروم إلى الإيثين تُنتِجُ الإيثانَ الثُّنائيَّ البروم – ويُستَخدَمُ هذا كمُعزِّزٍ للأوكتان في وَقودِ المحرّكات. فهو يمنعُ اشتِعالَ البنزينِ قبلَ الأوانِ الذي يُسبِّبُ «الخَبْط» ويُقلِّلُ من أداءِ المُحرِّك.



لمزيد من المعلومات انظر

المكثُورَات (المُبلمَرات)

پروتيناتُ الشَّعر والصوف، كما النشا وَسليُلوز القُطن، مَكثوراتٌ طبيعيَّة تتألَّفُ من جُزيئاتٍ مَرونةٍ قوية طويلةِ السلسلة. واللدائنُ هي مكثوراتٌ صُنعيَّة وحَداتُها البنائيةُ جزيئاتٌ أصغرُ تسمّى مَوحودات. أُولى اللدائن هي الپاركسين المنسوبةُ إلى مُصَنِّعها البريطاني ألكسندر پاركس عام ١٨٥٠. لكنَّ إنتاجَ اللدائنِ للاستخدام الصناعيِّ بَدأ بظهور الباكليت عام ١٩٠٧. واليومَ تشمَلُ المكثوراتُ مختلفَ اللدائن والراتِنَجات والأقمشة والطِّلاءات وسِواها من الكيماويَّات؛ وهي تُصنَّعُ بتراكيبَ وخصائصَ مُتنوِّعةٍ تلائمُ مُتطلباتِ استِخدامِها المتعدِّدةِ المجالات.

ما زالت كُراتُ التِّنِس تُصنَعُ من السليولُويد.

السليُولُويد

حَضَّر الكيميائيُّ الأمريكيُّ، جون هيات، السليولويد بتغيير بعضِ مُقوِّمات الپاركسين. واستُخدِمَ السليُولُويد في صُنعِ إطارات النَّظّارات والأفلام الفوتوغرافية، غير أنَّ لَدائنَ أخرى حَلَّت مَحلَّه اليوم.

كلوريدُ الفاينِل شديدُ التفاعليةِ بسببِ وجودِ رابطٍ ثُنائيٍّ بين ذرَّتي الكربون فيه. وهو الموحُود الذي يُصنَع منه كلوريد الفاينِل المُتعدِّد.

ينشطرُ أحدُ الرابطَين في الرابط الثنائي إلى نِصفَين – واحدٌ يتَّصِلُ بالسلسلة، والنصفُ الآخرُ بجُزيء كلوريد الفاينِل الذي يليه.

ذرّة كلور

ذرّة كربون

ذرّة هدروجين

البَلْمَرة بالجَمْع

كلوريدُ الفاينِل المتعدِّد هو المكثورُ الذي يُستعملُ في صُنع الأُسطوانات الفونوغرافية. وهو يتألَّفُ، كما يُستدلُّ من اسمه، من مَوحودات كلوريد الفاينِل المُبلمَرة (أو المُكوثرة) بطريقة البَلْمَرة بالجَمْع، أي إنَّ طَرَفَ جُزَيءٍ منه يَنْشرِجُ في طَرَفِ جُزَيءٍ آخر. وإذا كانت ظروفُ التفاعُل ملائمةً فإنَّ آلافًا من جُزَيئات كلوريد الفاينِل تترابطُ بالطريقة نفسِها لتكوِّنَ جُزَيءَ كلوريد الفاينِل المتعدِّد الضخم.

هذه الحَيَّةُ الدميةُ القابلةُ للنَّفْخ مَصنوعةٌ من كلوريد الفاينِل المُتعدِّد وهو من اللدائن الحراريَّة.

اللَّدائنُ الحراريّة (المُنصهرة بالحرارة)

إنَّ نَسَقَ ترتيبِ سَلاسلِ المكثُور يؤثِّرُ في سُلوك وخواصِّ المادَّةِ اللَّدائنيَّة التي تُصنَعُ منه عند الإحماء. ففي اللدائنِ الحراريَّة، تنتظِمُ السَّلاسِلُ جنبًا إلى جنب، دونَ روابطَ فيما بينها. فعندما تُحمى، تتزلَقُ السَّلاسلُ بعضُها فوقَ بعض وتنصهرُ المادَّةُ اللدائنية. ثمَّ تعودُ فتتصلَّبُ عندما تبرُد.

پوليمر أو مَكثور تعني المُتعدِّدَ الأجزاء، والجزءُ أو الوحدة البنائية التي يتألَّفُ منها البوليمر تسمّى مونومر أو مَوحود.

المَوحُودان اللذان يُؤلِّفانِ النيلون يقتربان واحدُهما من الآخر.

يحدثُ تفاعُلٌ، تنفصل جرّاءه بعضُ ذرّات الهدروجين والأكسجين.

تترابطُ ذرّاتُ الكربون بعضُها مع بعض والسلسلةُ تتنامى.

الذرّاتُ المنفصلة تترابطُ لتكوِّنَ (جُزَيء) الماء.

الحُبيباتُ اللدائنية

تُنتَجُ معظمُ اللدائن لِتصنيع على شكل حُبَيباتٍ أو كُرَيّات – فحُبَيباتُ البوليستيرين بيضاءُ وحُبَيبات البوليثين شفّافة. عندَ صهر هذه الحبيبات يُمكنُ تلوينُها وتشكيلها أشياءَ حسبَ الطلب.

الباكليت

خلالَ إحدى تجاربه، وجدَ لِيو باكلَنْد (١٨٣٦-١٩٤٤) كُتلةً مُخَبَّصَةً لَزِجةً في قَعْرِ جهازِ الاختبار. هذه الكُتلةُ لانَت بالتسخين أوَّلًا ثمَّ تصلَّدت وجَمَدت. وقد حَسَّن باكلَنْد من خصائصِ تلك المادة فصَنَّعَ منها لَدينةً مقاومةً ومَتينةً، يُمكِنُ قَوْلَبَتُها بأشكالٍ مختلفة، أسماها باكليت. واستُخدِمَ الباكليت لفترةٍ طويلة في صُنعِ آلاتِ التصوير وأجهزةِ التلفون والمقابِسِ الكهربائيَّة.

البَلْمَرة بالتكاثُف

من طرائقِ الكَوثرة أيضًا البَلْمَرةُ بالتكاثُف. في هذه الطريقةِ يُنبَذُ جُزَيءٌ صغير عند ترابطِ مَوحُودَين. وهذا ما يحصُلُ في صُنعِ النَّيلُون، فمع كُلِّ مَوحودٍ ينضَمُّ إلى السلسلة، يُطلَقُ جُزَيءٌ من الماء.

تغلِّفُ المُقوِّماتُ الإلكترونية الدقيقة لهذه المُسجِّلة الجِسامية في صندوقة من لدينة صلدة – ثابتة حراريًّا.

اللَّدائن الصلدة – الثابتة حراريًّا

المكثُوراتُ كالميلامين والسليكون لَدائنُ صلدةٌ ثابتةٌ حراريًّا. فسَلاسِلُها المُبلمَرةُ مُترابطةٌ بعضها مع بعض في تشابكٍ مَكين. وهي لَدائنُ غيرُ قابلةٍ للانصهار لأنَّ سَلاسلَها ثابتةٌ لا تتحرَّك.



استعمالُ المكثورات

المكثوراتُ، بالشكلِ الحُبَيبيّ أو الكُريّ الذي تُحضَّرُ به، لا تكادُ تجدُ استخداماتٍ عمليةً تُذكَر كما هي. لكنّها بالإحماء تندامجُ معًا لتكوّنَ مادةً سهلةَ التشكيل متينةً جدًّا وخفيفةً جدًّا تصنَّعُ منها مختلفُ الأدواتِ المُفيدة في شتّى المجالات.

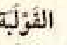
المطّاط

المطّاطُ مكثورٌ طبيعيّ، وهو عُصارةٌ صَمغيةُ القوام تُستخرَجُ من نباتاتٍ استوائية مُختلفة. يكتسبُ المطّاطُ مرونةً لوُجود ليّاتٍ ولَفّاتٍ في جُزيئاته. والمطّاطُ الخامُ تعوزُه المتانةُ لعَدَم ترابُط جُزيئاته بعضها ببعض. ولإحداث هذه الروابط يُقلْكَنُ المطّاطُ بالإحماء مع الكبريت، فيتحوّلُ إلى مطّاطٍ مُقوّى تحتملُ الإطاراتُ المصنوعةُ منه مختلفَ أنواعِ الصدمِ والمَطْل دونَ تمزُّق.

تُصنَعُ أميالٌ من الأنابيب بواسطة مَكِنَة البَثْق.

التشكيل بالبَثْق

تُشكَّلُ الأنابيبُ والصفائحُ اللدائنية بطريقةِ البَثْق. في هذا النموذج تُساقُ كُريّاتُ اللدينة بلَولَبٍ دوّار إلى السّخّانات حيثُ تنصهرُ إلى سائلٍ لَزِجٍ غليظ القوام. ثُمّ يُكبَسُ هذا عبرَ قالَبِ صَوغٍ مُصمَّمٍ ليُشكّلَ أُنبوبًا (أو لوحًا صفائحيًّا) يُمرَّرُ تاليًا في مُبرّدٍ خاصّ حيثُ يتصلّبُ بسُرعة.



القَوْلَبَة

تُحوَّلُ اللدائنُ إلى أشكالٍ خاصّةٍ بالقَوْلَبة. ففي مكنةِ القَولبة يدفعُ المِكْبَسُ الكُريّاتِ اللدائنيّةَ إلى حيث تصهرُها السّخّانات، ويُضغَطُ السائلُ اللدائنيُّ الحارُّ إلى قالَبِ التشكيل. ثُمّ يُبرِّدُ الماءُ القالَبَ فتتصلّبُ اللدينة.

تُنتِجُ مَكِنَةُ القَوْلَبة قرابةَ ٩٠ من خُوَذِ الدرّاجين في الساعة.

التشكيلُ الخَوائي

تُصنَعُ الأشكالُ اللّدائنيّةُ المعقّدةُ من صفائحَ لدائنيّةٍ بالتشكيلِ الخَوائي. تُمَدُّ الصفيحةُ اللدائنية فوقَ قالَبِ التشكيلِ فيُليِّنُها السّخّان. وعندما تُشفَطُ بِمِضَخّةِ التفريغِ الهواءَ من القالَب تندفعُ الصفيحةُ اللدائنية المتليّنة إلى داخلِ القالَب بضغط الهواء فوقها. وبعدَ التبريد، تُشالُ اللدينةُ المشكّلةُ من القالَب.

تُصنَعُ ملايينُ الأكواب اللدائنيّة يوميًّا بهذه الطريقةِ البسيطة والسريعة.

إعادةُ تدوير اللّدائن

يمكنُ إعادةُ تدويرِ بعضِ اللّدائن كما هي الحالُ في بريثالات البُوليثين المُستعملة في صُنْع قواريرِ المياه، حيثُ تُجمَعُ بالآلاتِ وتُنظَّف، ثُمّ تُفتَّتُ جُذاذاتٍ يمكنُ إعادةُ استخدامِها. أمّا القواريرُ اللدائنية الدرّوكةُ (الحَلولةُ حيويًّا) فتُصنَعُ من مكثورِ الغلوكوز، وهي تتفكّكُ بفِعْلِ البكتيريا في مَكَبّاتِ النُّفايات، إلى ماء وثاني أكسيد الكربون.

ستيفاني كُوولك

حقّقت ستيفاني كُوولك، الكيميائيةُ الأمريكية، (من مواليد عام ١٩٢٣) عِدّةَ اكتشافاتٍ في مجال المكثورات. فاكتشفت مُذيبًا لتصنيعِ أليافِ الكِفْلار الخفيفةِ جدًّا والأمتنِ من الفُولاذ. وتُستخدَمُ هذه الأليافُ في بناءِ السُّفنِ الفضائية وصُنعِ الصداري التي لا يخترقُها الرصاص.

لمزيد من المعلومات انظر

الكربون ص ٤٠
الكيمياءُ العُضويّة ص ٤١
التفاعُلاتُ الكيماويّة ص ٥٢
مُنتجاتُ النِّفط ص ٩٨
الألياف ص ١٠٧
حقائقُ ومعلومات ص ٤٠٦



الأَصْبَاغُ والخُضُب

العالَمُ من حَولِنا يَزهو بالألوان، فمُعظمُ الأشياءِ قد تَمَّ تلوينُها بالأَصْباغ أو طِلاؤها بالخُضُب. تُلَوِّنُ الأَصْباغُ أَلْيافَ الملابسِ والوَرَق والجلدِ وبعضَ الأطعمة. فهي بِذَوبانها في الماء تستطيعُ اختراقَ نَخاريبَ الألياف وفُروجِها حيثُ تترابَطُ مع النسيجِ في تفاعُلٍ كيماويّ. أمّا الخُضُبُ فهي جُسَيماتٌ مُلَوَّنةٌ غيرُ ذَوّابةٍ في الماء. لِذا فهي تَطلي سطحَ المادةِ فقط دونَ أن تتفاعلَ معه كيماويًّا. وتُستَخدمُ الخُضُب في صُنْعِ الدِّهانات وحِبْرِ الطِّباعة وتلوينِ اللَّدائن.

يتطلَّبُ صُنْعُ غرامٍ واحدٍ من الصِّبْغ الارجوانيّ لِشَمْلَةِ إمبراطورٍ رومانيّ ٩٠٠٠ قَوقَع.

يُصدِرُ الحَبّارُ (وهو حيوانٌ من الرخويّات كالأخطبوط) حِبرًا ذا خِضْبٍ طبيعيّ أسودَ ليختفي عند الخطر.

تتألَّفُ الخُضُبُ في هذا الحِبْر من كيماويّاتٍ عُضويّة.

الخُضُب

يَنْجُو الحَبّارُ (الصُّبَيْدَج) من الحيوانات المفترسةِ بِنَشْرِ غَيْمَةٍ من الحِبْرِ الأسودِ حَوْلَه. وقد استُخدمَ هذا الحِبْرُ في القَرْنِ التاسِعَ عَشَرَ لِيُضفي على الصُّوَرِ الفُوتوغرافيةِ سُمرةً خفيفةً. أمّا اليومَ، فتُصْنَعُ معظَمُ الخُضُبِ من كيماويّاتٍ عُضويّةٍ زاهيةِ الألوان تدومُ دونَ نُصولٍ طويلاً.

عمليّةُ ترسيخِ الصِّباغ

تُنْزَعُ الاملاحُ الفِلِزّيّةُ بالماء لتحضير محلولٍ مُرَسِّخٍ ثُمّ يُسَخَّنُ المحلول.

يُنْقَعُ القُماشُ في المحلول المُرَسِّخ.

يَلْتَصِقُ المُرَسِّخُ بألياف القماش بِرَوابطَ كيماويّة.

يُغْطَسُ القُماشُ في محلول الصِّباغ الترسيخيّ. (للصِّبغ الحمضيّ مُرَسِّخٌ قاعديّ والعَكس بالعكس).

يتكوَّنُ رابطٌ كيماويٌّ بين المرسِّخ والصِّباغ يُرَسِّخُ الصِّباغَ بالقُماش.

يترسَّخُ الصِّباغُ فلا يَحُولُ لونُه بِغَسْلِ القُماش.

مَحارةُ قَوْقَعِ مِيُوركس

الأَصْباغُ الطبيعيّةُ والاصطِناعيّة

هنالك الآلافُ مِن الأَصْباغِ المُختلفة - الطبيعيّةُ منها نباتيّةٌ تُستخرَجُ من نباتاتٍ كالفُوَّة والنِّيلِجاء وجِنسَتا الصبّاغين، أو حيوانيّةٌ تستخلَصُ من المَحاريّات كقَوْقَعِ مِيُوركس. أمّا الأصْباغُ الاصطِناعيّةُ فتُصْنَعُ بكَبْرَتَةٍ أو كَلْوَرَةٍ (إضافةِ الكبريت أو الكلور) إلى الكيماويّات اللاّلونيّة المُستَقطَرة من النِّفْط أو قارِ الفَحْم.

طَوائفُ الأَصْباغ

الأَصْباغُ تُلَوِّنُ لأنّ جُزَيئاتِها تلتصقُ بالمادة المصبوغة. والأَصْباغُ طوائفُ مختلفةٌ تتلاءَمُ مع فئاتِ الموادِّ المختلفة. فالأصباغُ المباشِرةُ تعطي أفضلَ النتائج في المنسوجاتِ التي تُغْسَلُ من وقتٍ إلى آخرَ فقط كالستائر، بينما أصباغُ الراقودِ مثاليّةٌ للأقمشة التي تخضعُ للغَسْلِ المتكرِّر. أمّا الأصْباغُ الترسيخيّةُ فلا تعملُ مُستقِلّةً، بل بمُساعدةِ إضافةٍ كيماويّةٍ (مركبٍ فِلِزّيّ) تُثَبِّتُ جُزَيئاتِ الصِّباغِ في القُماش.

وِلْيَم بِيرْكِن

اكتشفَ الكيماويُّ البريطانيّ، وِلْيَم بِيرْكِن (١٨٣٨-١٩٠٧)، صدفةً، أوّلَ صِبْغٍ اصطناعيّ في محاولاتِه تخليقَ الكينين. فقد استخلصَ مادةً أرجوانيّ الأنيلين من المَزيجِ الذي كان يعملُ عليه، ووَجدَ أنّها تصلحُ لِصباغةِ الحرير؛ فسمّاها مُوف، وأسَّسَ مَصنعًا لتحضيرها - فكان ذلك بدايةً لهذه الصناعة.

الدِّهَانات

كُلُّ دِهانٍ يَحوي خِضبًا مُلَوِّنًا ورابطًا راتينجيًّا يُثَبِّتُ الخِضْبَ في مكانه، ومُذيبًا يُسَهِّلُ انسيابَ الدِّهان. بعضُ الدِّهاناتِ مُذيبُها الماء، بينما مُذيبُ الدِّهاناتِ الصقيلة واللَّمّاعةِ هو الكُحول الأبيض - مِمّا يُكْسِبُها رائحةً قويّةً مُمَيّزة.

دِهانٌ مُشْتَحلبيّ

دِهانٌ صَقيل

دِهانٌ مائيّ

١ - جُسيماتُ الخِضْبِ تُكسِبُ الدِّهانَ لونَه. يبلغُ قطرُ الجُسَيمِ في هذا المسحوق جزءًا من بليون من السنتيمتر.

٢ - يُوَزَّعُ الخِضْبُ برابطٍ راتينجيّ أو عَرَويّ لِتنتشرَ الجُسَيماتُ بالتّساوي.

لقطةٌ عن قُرْبٍ لِسطحٍ قَيْدَ الطلاء

٣ - يَنْسابُ الدِّهانُ داخلَ تجاويفِ السطحِ الدقيقةِ ويُحتَبَسُ فيها.

٤ - جَفاف: الدِّهانُ يتَبخَّرُ المُذيبُ يُقرِّبُ كيماويّاتِ الدهان وخُضْبه بعضَها من بعض.

٥ - يُثَبِّتُ الرابطُ الراتينجيُّ جُسَيماتِ الخِضْب في مكانِها.

جَفافُ الدِّهان

عندما يُترَكُ السَّطحُ المَطليُّ لِيَجفّ، يتبخَّرُ مُذيبُ الدِّهان في الهواء، تاركًا جُسَيماتِ الرّابطِ الراتينجيّ والخِضب أكثرَ تقاربًا. فتتفاعلُ هذه مُكوِّنةً طبقةً مَتينةً صامدةً لِتقلُّباتِ الطَّقس. وغالبًا ما يَحوي الدِّهانُ أيضًا خِضبًا أبيضَ يُشتِّتُ الضوءَ نحوَ أعيُننا، فنرى اللونَ أكثرَ وضوحًا.

لمزيد من المعلومات انْظر

الترابُطُ الكيماويّ ص ٢٨
الكيمياءُ العُضويّة ص ٤١
المحاليل ص ٦٠
مُنتجاتُ الفَحْم ص ٩٦
مُستَحضَراتُ التجميل ص ١٠٣
حقائقُ ومعلومات ص ٤٠٦

مُسْتَحْضَراتُ التَّجْميل

اسْتَخْدَمَ المصريون القُدماءُ مُسْتَحْضَراتِ تجميلٍ من مساحيقِ المعادِن لِتَغيير ملامِحِهم منذُ العام ٥٠٠٠ ق.م.. واليومَ تُسْتَخْدَمُ هذه المُزوِّقاتُ على نِطاقٍ واسِعٍ، وهي تُصْنَعُ من مَزيجاتٍ من الكيماويّات المُستخلَصَةِ في مُعظَمِها من المُنْتَجات النِّفْطيَّة. وتُضْرَبُ هذه مع النباتاتِ والزُّيوتِ والشُّموع ومسحوقِ الطَّلْقِ والطين ومُرَكَّباتٍ فلزِّيَّةٍ مُتَنوِّعَة. وقبلَ تسويقِ أيِّ مُسْتَحْضَرٍ جديد تُبذَلُ جُهودٌ فائقة وتُجرَى تجاربُ عديدة لِضمان سلامةِ استخدامه. وتشتدُّ صرامةُ الضوابط في المُزوِّقات التي تُماسُّ الفمَ، كأحمرِ الشِّفاه. في الماضي كان يُجرَى اختبارُ هذه الكيماويّاتِ على الحيوانات، أمّا اليومَ، فلَدى مُعظم الشركاتِ المتخصِّصة مختبراتُها المُتطوِّرة لاختبارِ هذه المُنتَجات.



مُسْتَحْضَراتُ التَّجْميل قديمًا

المُتأنِّقاتُ في مصر القديمة كُنَّ يستخدِمْنَ الكُحْلَ (وهو الغالينا أو كبريتيد الرصاص الطبيعيّ) لِتَسويد شُعورهِنّ وحواجبهِن وأهدابِ أجفانهن، ويسحَنَّ أجفانَهُنَّ بمسحوقِ الملَكيت (وهو كربوناتُ النُّحاس القاعديّة) كمُظَلِّل لِلعينَين.

من تقاليدِ القُدامى

دأبَ الأقوامُ البدائيونَ على تلوين جلودِهم بمُلوِّناتٍ يتخذونَها من النباتاتِ والحيواناتِ والطينِ والمعادِن. واختلفت أسبابُ ذلك من بيانِ رُتْبةِ الشخص في المجتمع إلى الإعداد لِطقوسٍ أو شعائرَ خاصّة. ولا يزالُ الناسُ في بعض الأقطار كغينيا الجديدة، يحتفظونَ بتلك التقاليدِ القديمة حتى اليوم.

تَظْليلُ الحاجِبَين وتخطيطُهما يُبرِزُ قِنتَيْهما بشكلٍ لافِت.

مُظَلِّلُ العينَين هذا يحوي خُضَبًا مُزَوَّرة تغطّي الجَفْنَ الأعلى.

مُخَطِّطُ الأجفانِ الأسودُ يكحِلُ العينَين ويَزيدُهما حُسْنًا وإشراقًا.

خِضْبُ الماسكارا المُسْوَدُّ يُبْرِزُ أهدابَ العَيْنَين.

تحوي الحُمْرَةُ خُضبًا بُنيّةً وقرنفليّةً تلوِّن الخدَّين.

تُخَطِّطُ الشفاهُ بقلم التخطيط ويحوي أحمرُ الشفاه الخُضَبَ المُكمِّلة لِلَوْنِ الجِلْد والشَّعْر.

ذرورٌ من خُضْبٍ بيضاء، يُكسِبُ الجِلْدَ ملاسةً ونُعومة.

المُطَرِّياتُ القِشديّة تثبِّتُ المُزوِّقات الأخرى على الجِلْد.

قَبْلَ المكياج (التَّزويق) وبعده

عُولِجَ نصفُ وجهِ هذه العارضةِ بالمُزوِّقات لتبيان تأثيرها في تغيير مَظهرِ الوَجه وإطلالته. البدايةُ كانت بمُطرٍّ قِشديّ كأساسٍ للمكياج وتثبيت المُزوِّقات. ثمّ استُخدِمَ مزيجٌ من الذُّرور الزَّهريّ والأصفر والأبيض، لِيُغطّي وُسومَ الجِلْد من زُرقةٍ تحت العينَين، أو إحمرارٍ بالأوعية الدموية القريبة من سطح الجِلْد.

الأظافرُ جزءٌ قاسٍ نوعًا من الجسم، لذا يحوي طِلاؤها موادَّ كيماويّةً لا يَصحُّ استعمالُها في سواها. يتألّف طِلاءُ الأظافرِ عادةً من خِضْبٍ في مُذيبٍ عضويّ كالأسيتون.

هذه بعضُ مُستحضرات التجميل التي تشاهدُها السيّداتُ في أيّ مَخْزَنٍ كبير. ومن كُلِّ صنفٍ منها درجاتٌ لونيّة متنوعة لِتُلائمَ جِلْدَ الزبون.

تربطُ جُزيئاتُ المُستحلِب جُزَيئاتِ الزيتِ والماءِ بعضَهما ببعض مُكوِّنةً مُستحلبًا من الزيت في الماء.

عناصرُ مُسْتَحضراتِ التَّجْميل

يحوي مُسْتَحْضَرُ التجميل عادةً مَزيجًا من الموادِّ الكيماويّة. فطِلاءُ الأظافِر، مثلًا، يحوي ١١ مادّةً كيماويّةً على الأقلّ - من راتينجٍ ومُلَدِّنٍ ومُذيباتٍ وخُضَب. كما يحوي المُطرِّي القِشديُّ (الأساس) ٢٣ مادّةً كيماويّة؛ وهو مستحلَبٌ من الزيت في الماء يَضُمُّ مزيجًا معقَّدًا من الحوامض والكحولات.

المُسْتَحْلَبات

تُصْنَعُ مُسْتَحضَراتُ التَّجْميل غالبًا من الزيت والماء؛ وهُما غير مَزُوجَيْن. لكنْ إذا أُضيفَ إليهما عامِلُ استحلابٍ كالصّابون، فإنّهما يمتزجانِ في ناتجٍ قِشديٍّ يُدعى مُسْتَحْلَبًا. البَرافينُ السائل والفازلين، (من النّفط)، وزيتُ الخِرْوَع واللانولين (دُهْن الصُّوف) تؤلّف الجُزءَ الزيتيَّ من أيّ مُسْتَحْلَب.

لمزيدٍ من المعلومات انْظُر

المُرَكَّباتُ والمَزيجات ص ٥٨
المحاليل ص ٦٠
الصّابون والمُنَظِّفات ص ٩٥
مُنتجاتُ الفَحْم ص ٩٦
الأصباغُ والخُضَب ص ١٠٢
حقائقُ ومَعلومات ص ٤٠٦

الكيمياءُ في الطِّبّ

يتألَّفُ جِسْمُكَ من آلافِ الموادِّ الكيماويَّة المُختلفة التي تعملُ بانتظام؛ فإذا اختلَّ نظامُها تَمْرَضُ. وَحينئذٍ يتدَخَّلُ طبيبُكَ لِلمُعالجة بإعطائك مَزيدًا من الكيماويَّات بشكل عَقَاقير. وأمثالُ هذه المُعالجة ليست أمرًا جديدًا. فمنذُ أكثرَ من ٢٠٠٠ سنة، استخدمَ الناسُ في بلاد ما بينَ النهرَيْن قُرابةَ ٢٥٠ نبتةً مختلفة وَ ١٢٠ مَعدِنًا لمعالجة الأمراض. وكان الكثيرُ منها لا يزالُ قيدَ الاستعمال في القرنِ التاسعَ عَشَرَ، عندما جُعِلت خُلاصةُ هذه الكيماويَّات أقراصًا علاجيَّة. لكِنَّ بعضَ هٰذه العِلاجاتِ أحدثَ أعراضًا مَرَضيَّة كتأثيرات جانبيَّة. ويحرصُ العُلَماءُ اليومَ على تصنيع كيماويَّاتٍ مماثلةٍ للطبيعيَّة لا تُحدِثُ تأثيراتٍ جانبيَّةً.



منذُ أكثرَ من ٢٠٠ سنة، كان يُستخدَمُ نقيعٌ مُخَمَّرٌ من أوراق القمعيَّة (ديجيتالس) لمعالجةِ المُصابينَ بقُصُور القَلْب. وبعدَ العديدِ من السنين، تبيَّنَ أنّ تلكَ الأوراقَ تحوي عَقّارًا يُدعى ديجيتوكسين لا يزالُ يُستعمَلُ في مُعالجة قُصُورِ القلب حتى اليوم.

قطعٌ من قِشْرِ الصَّفْصاف

نَباتُ القمعيَّة (ديجيتالِس)

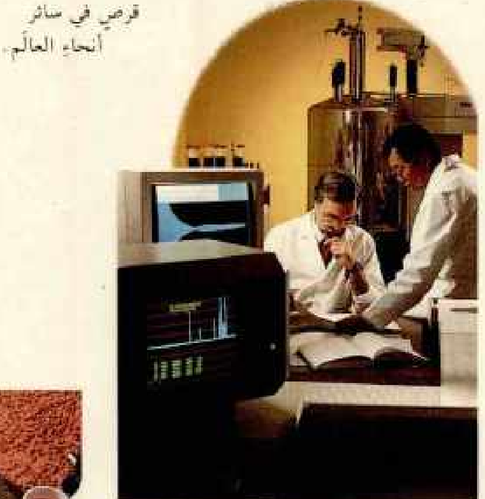
العقاقيرُ الطبيعيَّة

استعملَ الطبيبُ اليوناني، أبُقراط، لِحاءَ الصَّفْصاف كمُخفِّفٍ للألم (رُغمَ أنَّه يُهيِّجُ المعدة) منذُ العام ٤٠٠ ق.م. والمعروفُ أنَّ لِحاءَ الصَّفْصاف يحوي مادَّةً كيماويَّةً تُدعى حامض الساليسيليك. وقد تمكَّنَ الكيماويُّ الألماني، فيلكس هوفمان في عام ١٨٩٣، من تصنيع مادةٍ كيماويَّة من قار الفَحْم مُماثِلةٍ تمامًا لحامِض الساليسيليك، وذات تأثيراتٍ جانبيَّة أقلّ. ويُعْرَفُ هذا العَقّارُ اليوم بالأسبرين؛ ويُستهلَكُ منه سنويًّا ما يزيد على ١٠٠,٠٠٠ مليون قرصٍ في سائر أنحاءِ العالَم.

پُول إرليخ



رَكَّزَ الطبيبُ الألماني، پُول إرليخ (١٨٥٤-١٩١٥)، أبحاثَهُ لإيجادِ عِلاجٍ نوعيٍّ سحريٍّ يقتلُ الجراثيمَ المُسَبِّبة للمَرَض، ولا تتأثَّرُ به خلايا الجِسْم البشري. وارتأى أنَّ الأصباغَ النوعيَّة المُلَوِّنة لِلجراثيم دونَ سواها من الخلايا قد تكونُ نقطةَ البِداية. وكان صِبْغُ «تريبان» الأحمر المُصَنَّعُ أوَّلَ مكتشفاته لِمُعالجةِ مَرَض النَّوْم. ثُمَّ أتبعهُ لاحقًا بكيماويٍّ مثيلٍ لِمُعالجةِ الداء الإفرَنْجي (السِّفْلِس) أسماه «سالفارسان».



مراحِلُ تطوير العَقّار

في صُنْعِ عَقّارٍ جديد لِمُعالجة مَرَضٍ مُعيَّن، قد يُختارُ لِلمرحلةِ الأولى من الاختبارات قُرابة ٣٠ مادَّةً كيماويَّةً مُستخلَصةً من كيماويَّاتٍ نباتيَّة أو مُختبَريَّة. وتجرَى الاختباراتُ على مَدى ثلاثِ سنوات لِتحرّي الآثار السُّمِّيَّةِ لتلك الكيماويَّات التي قد تتفكَّكُ مثلًا، لتكَوِّنَ موادَّ مؤذية. وتنتهي هذه المرحلةُ عادةً باختيارِ بضعة الكيماويَّات التي تجتازُ هذه الاختباراتِ بنجاح.



اختباراتُ المتابعة

الكيماويَّاتُ التي تجتازُ اختباراتِ العَقّار الأولى، يُعادُ اختبارُها بعنايةٍ وحِرْصٍ على أُناسٍ أصحّاء لاستِقصاء تأثيراتِها الجانبيَّة. فتُجعلُ عَيِّناتٌ من كُلِّ مادَّةٍ منها مُشِعَّةً قليلًا، لِيُقْتَفَى مَسارُها في الجِسْم بواسطة عَدّادِ جيجر.

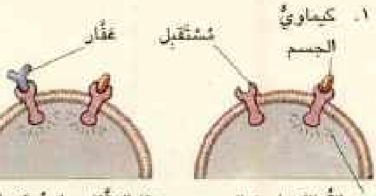
اختبارُ الاعتماد



بَعْدَ ثماني سنواتٍ من الاختبارات، يُختارُ العَقّارُ الأفضلُ، وتُعْطَى أقراصٌ منه إلى مجموعةٍ من المَرْضى. فيما تُعطَى مجموعةٌ ثانيةٌ عقاقيرَ غُفْلًا (غيرَ فعّالة)، وتُقيَّمُ فعّاليَّةُ العَقّار بمُقارنةِ المجموعتَيْن.

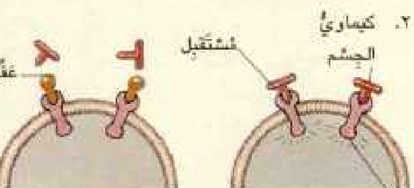
كيفَ تَعملُ العقاقير؟

لِكُلٍّ من خلايا الجِسْم مُستقبِلاتٌ على سَطْحِها. ويُعتقَدُ أنَّ بعضَ العقاقيرِ تتفاعلُ مع هذه المُستقبِلات. فالأدرينالين، وهو مادَّةٌ كيماويَّةٌ يُنتِجُها الجِسْم، يُسَرِّعُ خفقانَ القَلْب في أوقاتِ الإجهاد. فالعَقّارُ المُسمَّى سالبيوتامُول مثلًا، يُرخي عَضَلات الرئة مرافقًا الأدرينالين على مُستقبِلات خلايا تلك العَضَلات؛ بينما العَقّار المُسمَّى پروپرانولول يَسُدُّ مُستقبِلات خلايا عَضَلات القلب، ويمنعُ الأدرينالين من الوصولِ إليها، وبذلك يمنعُ القلبَ من الخفقان بمُستوياتٍ خَطِرة.



رِسالةُ الكيماويّ إلى الخليَّة

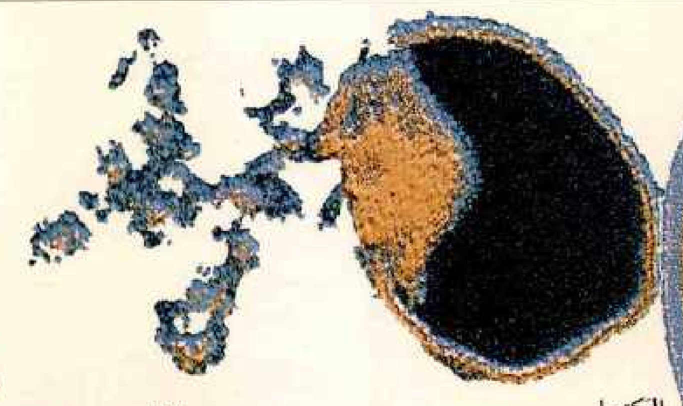
هذا العقّارُ يعاونُ كيماويَّ الجِسْم ويعزِّزُ الرسالة المُرسَلة إلى الخليَّة.



رِسالةُ الكيماويّ إلى الخليَّة

هذا العقّارُ يَصُدُّ كيماويَّ الجِسْم ويمنعُ وُصولَ الرسالة إلى الخليَّة.

جُدَرِيُّ الماء داءٌ تُسبِّبه بعضُ الحُمات (الفَيروسات)



انحلالُ البَكتريا بفِعلِ المُضادِّ الحَيَويّ

البَكتريا

البَكتريا مُتَعضِّياتٌ مجهريَّةٌ تسبِّبُ أمراضًا والتهاباتٍ كما في التهاب اللُّوزتَين، ويمكنُ القضاءُ عليها بواسطة كيماويَّات تُعرف بالمُضادَّات الحيويَّة. وكانت المُضادَّاتُ الأُولى كالبِنسِلين تُحضَّرُ من العَفَنِ والفُطْر؛ أمَّا اليوم، فتُخلَّقُ مُعظمُ المُضادَّاتِ من كيماويَّات أُخرى. وتعملُ المُضادَّاتُ الحيويَّةُ أساسًا بإحدى طريقتين - إمَّا بمنعِ البَكتريا من تخليقِ جُدرانِها الخَلَويَّة، أو بعَرقلةِ الأنشطةِ الكيماويَّةِ داخلَ خلاياها.

الحُمات (الفَيروسات) لا تتأثَّرُ بالمُضادَّات الحَيويَّة، فتقاومُها بالعقَّارات المُضادَّةِ للحُمات.

الحُمات (الفَيروسات)

الحُماتُ مُتَعضِّياتٌ مِجهريَّةٌ دقيقةٌ تسبِّبُ أمراضًا مختلفةً كجُدَريِّ الماء (الحُماق) والإنفلُونزا والزُّكام. وهي إذْ تعيش داخلَ خلايا الجِسْم، فإنَّه يتعذَّرُ تخليقُ عقاقيرَ تقضي عليها، دونَ الإضرارِ بالشخصِ المُعالَج. لذا تُصمَّمُ مُضادَّاتُ الحُمات كي تحجُبَ الكيماويَّات التي تحتاجُها الحُمَةُ للتكاثُر. وتُجرى حاليًّا تجاربُ لمُكافحة حُمَةِ الإيدس الصعبةِ المِراس بعقَّارٍ مُناسِب.

يُفرَّجُ القَلَقُ المُفرِط أحيانًا بالمُهدِّئات، كالديازيبام والنِّترازيبام، وهي كيماويَّاتٌ تتعاملُ مع كيماويَّات الدِّماغ. لكنَّ هذه المهدِّئاتِ قد تبعثُ على الإدمان.

نُحِسُّ بالألمِ لأنَّ جهازَنا العصبيَّ يَبعثُ رسائلَ من الجزءِ المُصابِ في الجِسْم إلى الدماغ. وتُستَعملُ عقاقيرُ التَّبنيجِ لوَقْفِ تلك الرسائلِ فتُخدِّرَ الألم.

كيماويَّاتُ الجِسْم

يَفرُزُ الجِسْمُ السليمُ عديدًا من الكيماويَّات المُتباينة للتحكُّمِ في وَظائفِ أجهزتِه المختلفة. والخَلَلُ في كمِّيَّة أحدِ هذه الإفرازات، إفراطًا أو نَقْصًا يُسبِّبُ عِلَلًا مُعيَّنة. والكثيرُ من العقاقيرِ هي كيماويَّاتٌ مُصمَّمةٌ لمُعالجةِ الاعتلالِ المُعيَّنِ بمُعاونةِ كيماويَّاتِ الجِسْم على إعادة الجهازِ المُختلِّ إلى وضعِه الطبيعيّ.

الإجهادُ الزائدُ يتسبَّبُ بإفرازٍ مُفرِطٍ للأدرينالين، الذي يُسرِّعُ خَفَقانَ القلب ويرفعُ ضغطَ الدم. وتُستَعملُ عقاقيرُ تُدعى مُحصِرات البيتا لمنعِ الأدرينالين من الوصولِ إلى عَضَلاتِ القلب.

المُطهِّرات

قد تتلوَّثُ الجروحُ بالجراثيمِ المُؤذِيةِ إذا لم تُعالَجْ تَوًّا بأحدِ المُطهِّرات لتقضي عليها، ويتمُّ ذلك بطُرُقٍ عِدَّة. فالكحولُ الذي يفرُكُهُ الطبيبُ على جِلْدِكَ قبلَ الحُقْنةِ يقضي على الجراثيمِ بتفكيكِ البروتين الذي تتألَّفُ منه خلاياها.

يتسبَّبُ الإجهادُ أحيانًا بإنتاجِ كمِّيَّاتٍ كبيرةٍ من الحامض المِعَدي الذي قد يُسبِّبُ القَرْحة. والأقراصُ المُضادَّةُ للحموضة تُخفِّفُ من هذه الحمضيَّة؛ أما العقاقيرُ المُسمَّاةُ مُحصِرات هـ، فتوقِفُ إنتاجَ الحامِض.

في نَوْبَةِ الرَّبو، تضغطُ عضلاتٌ دقيقةٌ في الرئتَيْن على مجاري الهواء، فيتعذَّرُ التنفُّس. وعندما يُستَنشَقُ عقَّارُ السَّالبيُوتامول، ترتخي تلك العضلاتُ ويتيسَّرُ التنفُّس.

مُكافحةُ المَرَض

١٧٩٦ أجرى الطبيبُ الإنكليزيُّ، إدوارد جِنَر، أوَّلَ تلقيحٍ ضِدَّ الجُدَريّ.

١٨٦٧ إكتشفَ العالِمُ الإنكليزيُّ، جوزيف لِستَر، أوَّلَ مُطهِّرٍ يُستَعملُ على نِطاقٍ واسِع - هو حامِض الكربُوليك.

١٩٢٨ إكتشفَ العالِمُ الاسكُتلنديُّ، ألِكسَندر فليمنغ، أنَّ فُطرَ البِنسليُوم يقتلُ البَكتريا. وأدَّى هذا الاكتشافُ لاحقًا إلى استخلاصِ البِنسِلين كمضادٍّ حَيويٍّ فعَّال.

١٩٣٢ طوَّرَ الكيماويُّ الألمانيُّ، جيرهارد دُوماغ، أوَّلَ عقَّارٍ اصطناعيٍّ لقتلِ البكتريا (هو عقَّار السُّلفا).

١٩٤١ نجحَ الطبيبانِ الأستراليُّ هوارد فلوري والألمانيُّ إرنست تشين في استخلاصِ البِنسلين وتحضيرِه بكمِّيَّاتٍ وَفيرة.

التحكُّمُ بكيماويَّاتِ الجِسْم تقومُ به الغُدَدُ كالبنكرياس. فالإنسولين مثلًا، يعمل على حِفْظِ مخزونٍ من السُّكَّر في الكَبِد. وفي الداءِ السُّكَّري يَقِلُّ إنتاجُ الإنسولين فيتوجَّبُ عندئذٍ حَقْنُ المريض بكمِّيَّةٍ إضافيَّةٍ منه.

تُخلَّقُ خلايا الدَّم البيضاءُ بالانقسام الخَلَوي في الجهاز اللمفاوي. وإذا اختلَّ هذا الانقسام، فقد تنتُجُ خلايا سَرَطانيَّة تسبِّبُ ابيضاضَ الدم (اللوكيميا). ويُمكِنُ مكافحةُ ذلك باستعمالِ عقاقيرَ سامَّةٍ للخلايا تعرقلُ انقسامَ وتنامي الخلايا السرطانيَّة.

إلتِهابُ المفاصِلِ يَنتُجُ من التِهابِ انسجتِها فتغدو مُؤلِمة. باستِعمالِ العقاقيرِ المُضادَّةِ للالتِهاب كالأسْبِرين تُحجَبُ كيماويَّاتُ الجِسْم التي تُسبِّبُ تَوَرُّمَ المَفاصِل.

لمزيد من المعلومات انظر

كيمياءُ الجِسْم البَشري ص ٧٦
الحُمات (الفَيروسات) ص ٣١٢
الجَراثيم (البَكتريا) ص ٣١٣
الرئيسات ص ٣٣٦
الخلايا ص ٣٣٨
البِيئة الباطنيَّة (في الأحياء) ص ٣٥٠
حقائقُ ومَعلومات ص ٤٠٦



الموادُّ اللَّصوقَة

استعمالاتُ المَوادِّ اللَّصُوقة عديدةٌ ومتنوِّعة - مِنَ الدِّبقِ على قَفا الطوابع البَريديَّة وسُدولِ ظُروف الرسائل، إلى الصُّموغ التي تشُدُّ صفَحاتِ هذا الكتاب، أو الغِراء الذي يُقَوّي وُصْلات الكُرسيِّ الذي تجلسُ عليه، أو يُلَصِّقُ الحِذاءَ الذي تَنْتَعِلُه. والموادُّ المُستخدَمةُ لَصوقاتٍ مختلِفةٌ ومتعَدِّدة كانت مصادرُها الأولى من النبات والحيوان. في القَرْن التاسعَ عَشَر، كان المطّاطُ هو المادّةَ القِواميَّة في الموادِّ اللَّصُوقة؛ أمّا اليومَ، فتُستَعملُ المكثُوراتُ على نِطاقٍ واسِع. واللَّصُوقُ يَلْزَقُ ويُلْزِقُ لأنَّ جُزَيْئاتِه تشَكِّلُ روابطَ مع الأجسام التي يُلصِقُها. وهذه الروابطُ قد لا تقلُّ مَتانتُها عن تلك التي تربِطُ الجُزَيئات في قطعةٍ من الصخر.

راتينجٌ غرائيٌّ

السائلُ النازُّ مِن غُصن صنَوبرٍ مَقطوع، يَحوي راتينَجًا استُخدِمَ غِراءً على مدى مِئات السنين.

لزِقَتِ السيّارةُ الصفراءُ باللّوح براتينج الإيبُوكسي القويّ.

الجُزيئاتُ المُقِرّةُ تَمنَعُ الكوثرةَ وتُبقي الغِراءَ سائلًا.

راتينجُ إيبوكسي

تَستخدِمُ الصناعاتُ غِراءاتٍ اصطناعيةً تُدعى الراتينَجات الإيبوكسيّة التي أضحت تُستَخدمُ شعبيًّا على نِطاقٍ واسِع لأنّها تُلصِقُ مدًى واسعًا من الأشياء بِروابِطَ مَتينةٍ جدًّا مُقاوِمةٍ للحرارة ولِتقلُّبات الطَّقس.

تُغرّى الوُصلاتُ المكمِّلةُ بالنموذج

جُزيءُ اللَّصوق

غِراءٌ لَدْنٌ بالحرارة

يُستَعملُ هذا الغِراءُ في صُنع النماذج، وهو يحوي جُزَيئات البوليستَرين مُذابةً في مُذيبٍ كالأسيتون. فعندما تُغرّى به الوُصْلَةُ، يتبخَّرُ المذيب وتتضامُّ جُزَيئاتُ البوليسترين معًا لتكوِّن رابطًا. وعند إحماءِ الوُصْلَة، ينصَهرُ الغِراءُ بانزِلاق الجُزَيئات بعضِها فوقَ بعض، فيُمكِنُ إعادةُ تَشْكيلِها.

تبدأ جُزَيئاتُ اللَّصوق بالكوثرة (بالبَلْمرة).

تُعادِلُ رُطوبةُ السَّطحِ الجُزَيئاتِ المُقِرّة.

تتكوّن روابطُ متينةٌ بين أطراف المكثور والسَّطح.

صورةٌ فوتوغرافيّةٌ مُكبّرةٌ لجُزَيئات لَصوقٍ مُترابِطٌ بعضُها ببعض.

كيفَ يعملُ اللاصوق

المُقِرّاتُ الحامضيّةُ تمنعُ جُزَيئاتِ اللَّصوقِ من الترابط فيما بينها داخلَ الأنبوب. وعندما ينبجِسُ الغِراءُ من الأنبوب، يتماسُّ مع الرُّطوبة في الهواء وعلى السَّطح. فتُعادِلُ الرطوبةُ جُزيئات المُقِرّ، تاركةً جُزَيئات اللَّصوق تترابطُ فيما بينها. وتشكِّلُ المكثوراتُ، المؤلَّفةُ من سَلاسِلَ من الجُزَيئات، روابطَ متينةً صَلدةً بين السَّطحَين المُماسَّين للغِراء.

حفّاز

راتينج

غِراءٌ من جُزأين

بعضُ الراتينَجاتِ الإيبوكسيّة تتطلَّبُ حفّازًا أو مُصَلِّدًا لتتصلَّب. فيُحفَظُ الراتينَجُ والحفّازُ في أنبوبَين مُنفصِلَين ويُمزجان معًا عند الحاجة. والمَزيجُ سُرعانَ ما يُشكِّلُ رابطًا لا ينصَهِرُ بالإحماء.

مُلصَقاتٌ تكراريّةُ الاستِعمال

الشَّريحةُ الدَّبِقة على مُلصَق أو بطاقةٍ تكراريةِ الاستعمال تحمِلُ آلافَ الفقّاعات الدقيقة الدَّبِقة. وفي كُلِّ مَرّةٍ تُلصَقُ الشريحةُ بسَطحٍ مّا، تنفجِرُ فُقّاعاتٌ قليلة منها، فتظَلُّ قابلةً لأنْ تُنزَعَ وتُستعملَ تكرارًا.

لمزيد من المعلومات انْظر

تغيُّراتُ الحالة ص ٣٠
الحفّازات ص ٥٦
فَصْلُ المَزيجات ص ٦١
المَكثُورات ص ١٠٠
حَقائقُ ومَعلومات ص ٤٠٦

الأَلْيَاف

تُصْنَعُ الملابسُ مِن أليافٍ طبيعيَّة أو اصطناعيَّة أو مِن مَزيجٍ من كِلَيهما معًا. الأليافُ الطبيعيَّة مصدرُها بُذورُ النبات أو فِراءُ الحيَوان. أمّا الاصطناعيَّة، كالنَّيلُون مثلًا، فتُستخرجُ من كيماويَّاتٍ تتواجَدُ في النِّفط. لقد كَسا الإنسانُ الأوّلُ جَسدَه بجلُود الحيوانات. ثمّ بدأ الناسُ منذُ خمسةِ آلاف سنة يستخدمونَ الأليافَ الطبيعيَّةَ في صُنْعِ الأقمشةِ المتينة. فغَزَلوا أليافَ القُطْنِ والصُّوف خُيوطًا. وكانت الحِياكةُ أُولى الطُّرُق المُعتمدة في نَسْج تلك الخيوطِ قُماشًا، وما زالت إحدى أهمّ الطُّرُق لذلك حتّى اليوم. ثمّ ظهرت أساليبُ الحياكةِ بالصِّنارة لإنتاج ملابسَ دفيئةٍ مَرونةٍ سهلةِ التثنّي. وخِلالَ القَرْن التاسِعَ عَشَر أصبح الناسُ أكثرَ إدراكًا لتكوين الأليافِ الطبيعيَّة وتصنيعها. وسُرعانَ ما استخدِمت الكيماويَّاتُ في صُنع الأليافِ أيضًا.

يُحَوَّلُ الكثيرُ من ضُروبِ البِتروكيماويَّات إلى كُرَيَّاتٍ صغيرة ثمّ تُغْزَلُ أليافًا.

صُنْعُ النَّيلُون

الكيماويَّاتُ من النِّفط هي خاماتُ النَّيلُون.

الصهيرُ المُندفِعُ عَبْرَ الثقوب الدقيقة في المِسْكبَة، يَتبثَّقُ أليافًا منصهرةً متساويةَ الثخانة.

تُحْمَى الموادُّ الخام لتحضير المَكثورِ المنصهِر.

يُضغَطُ المَكثورُ المنصهِر عَبْرَ مِسكبَة الألياف.

تُلَفُّ الخيوطُ على مِكَبّ.

تُشكِّلُ الأليافُ كَبْلًا.

تتصلَّبُ الأليافُ في مَغطِس تبريد.

صُنْعُ النَّيلُون

كان النَّيلُون أوّلَ الأليافِ المُصنَّعةِ بالكامِلِ من الكيماويّات. ويتمُّ ذلك بإحماءِ كُرَيّات النيلون إلى درجة ٢٦٠° س لِتتحوّلَ إلى صَهيرٍ مَكْثُوريّ، يُقْحَم عَبْرَ المِسكبَة في عملية البَثْق. وعند انبثاقِهِ من الثُّقوب الدقيقة إلى الجوّ البارد، تأخذُ خيوطُ النيلون بالتصلُّب الذي يكتمِلُ بالمعالجة في مَغطِسِ تبريدٍ خاصّ؛ ثمّ تُغْزَل خيطًا طويلًا يُلَفّ على مِكَبّ.

أليافُ الصُّوف راخيةُ الرَّصِّ ممّا يجعلُ المادةَ عازلًا جيّدًا للحرارة.

أليافُ النَّيلُون متينةٌ ومَرونة.

أليافُ البُوليَسْتر قويةُ الاحتمال قليلةُ المطوطية، لكنّها تحتفظُ بشكلها جيّدًا.

الأليافُ الطبيعيَّة والاصطناعيَّة

الأليافُ التي استخدِمَتْ أصلًا لِصُنعِ الملابسِ كانت من الصُّوف والقُطْنِ والحرير، وكان مصدرُها النباتَ والحيوانَ. أمّا اليومَ، فقد دخلت البِتروكيماويّاتُ أيضًا في تصنيع أليافٍ كالبُوليَسْتر والأكْريليك والنَّيلُون التي هي أمتَنُ وأرخص ثمنًا من الموادِّ الطبيعيّة.

القُماشُ المُتلازُ النَّسْجِ يَمْنَعُ قطراتِ المطر من اختراقه.

يُحْمَى القُماشُ كي يَنْتَشِرَ الراتينَجُ ويُغَطّي كُلَّ الألياف.

راتينَجُ السليكون في المَغطِس يُغَشّي القُماش.

التَّضمِيدُ للماء

تُغشّى أليافُ الملابسِ الصادّة للماء براتينَج السليكون. فيُمَرَّرُ القُماشُ عَبْرَ الراتينَج بواسطة دَحاريجَ دوّارة، ثمّ يُحمَى لينتشرَ الراتينَجُ إستويًا عليه. الراتينَجُ يمنَع النسيجَ من امتصاص الماء، فيغدو هٰذا قُماشًا مُمتازًا لِصُنع المُشمَّعات والخِيَم.



تُدارُ خيوطُ الرايون حوْلَ عجلاتٍ دوّارة لتكوّنَ الخيط (البَريم).

صُنْعُ الرايون

الرايون أليافٌ تُصنَعُ من سِلّيُولُوز لُبّ الخَشَب. والحقيقةُ أنّ لِيفَ الرايون هو لِيفٌ مُعادُ التكوين لأنّ السلّيُولُوز، خامةَ القِوامِيّ الأصلي، يُفكَّكُ ثمّ يُعادُ تشكيلُه. وهذا يُخلِّقُ من المادّة الأصلية ضربًا أنْعَم وأمْتَنَ وأسْهلَ لِلصَّبْغ. والرايون أنواعٌ أهمها الفِسكوز.

شَارْدُونيه

عالَجَ الكيمائيُّ الفرنسيّ، الكونت هيلار شارْدُونيه (١٨٣٩-١٩٢٤)، أليافَ القُطن بمزيجٍ من الكيماويّات والكحول، ثمّ أقحمَها في مِسْكَبة الألياف. فتبخَّرَ الكُحول تاركًا أليافًا برّاقة بَدَت كأنّها تُشِعّ نورًا، فسُمِّيت تلك الأليافُ الجديدة الرايون «أو حرير شارْدُونيه» الذي لاقى رَواجًا شديدًا في أوائل القَرْن العشرين.



لمزيد من المعلومات انظر

تغيُّرات الحالة ص ٢٠
الترابُط الكيماويّ ص ٣٨
المَحاليل ص ٦٠
المَكثورات ص ١٠٠
الأصباغ والخُضُب ص ١٠٢
تصْميمُ الموادّ ص ١١١.

الوَرَق

تُغَطّي الأشجارُ ثُلُثَ سطح الأرض تقريبًا، ويُسْتَخدم الكثيرُ منها في صِناعة الوَرَق. فالتجَزُّعات التي تُشاهَد في الخَشَب تبيِّنُ اتجاهَ آلاف الألْيافِ الدقيقة التي تُنْتِجُها الشجرةُ أثناءَ نموِّها لِنَقْل النُسغ في جذعها ولِدَعْم ثِقَل أغصانِها. في صناعةِ الورق تُفْصَلُ الألْياف بعضُها عن بعض، ثمَّ تُضَمّ ثانيةً بشكلٍ مُتَصالِبٍ لِتتحَوَّلَ إلى طَلْحيّاتٍ رقيقة. فأنتَ حين تمزقُ طلحيةً من الوَرَق تلاحظُ الألْيافَ الدقيقة المتلاصِقة لِتؤلِّفَها. إنَّ إعادة التحريج تعوِّضُ عن الأشجارِ التي تُقطَعُ لِتصنيع الوَرَقِ وتحفظُ هذا المورِدَ الأوليَّ المهمَّ من النفاد.

بداياتُ الوَرَق

بَدَأ صُنعُ الورقِ مِنَ الخشَب في الصين حَوالى سنة ١٠٥ للميلاد باستخدام أليافِ شجرِ التوت. ولعَلَّ الفكرةَ استُمِدَّت من مُراقبةِ الزنابيرِ تبني أعشاشَها من جُذاذات الخشبِ الدقيقة.

صُنعُ الوَرَق

يُصنع معظم الوَرَق من أشجار الغاباتِ ذات الخشبِ الرخوِ كالصنوبر والتَّنّوب.

تُقْطَعُ الأشجارُ وتنقلُ جُذوعُها إلى مصانع الوَرَقِ بواسطة الشاحنات والقِطارات، أو بتطويفها في مجاري الأنهار.

تُقطَعُ الجذوعُ إلى جُذاذاتٍ طولُ الواحدةِ منها ٢سم وسُمكُها ٠،٥سم.

تُحَوَّلُ جُذاذات الخشب إلى عجينة الوَرَق.

لِتحرير الألياف، تُحَمَّى جُذاذاتُ خشبِ التنّوب مع الحوامض، أمّا جُذاذاتُ الخشَبِ الصُّلبِ والصنوبرِ فتحَمّى مع القِلْوِيّات.

تُمْزَجُ الألياف مع موادِّ الحشو والغَرَويات والخُضَب والأصباغ لتكوين عجينة ورقٍ ناعمة.

يُزالُ الماء من عجينة الوَرَق السائلة بالسَّفْط، ثُمَّ يكْبَس الوَرَق بين دَحاريج دوّارة.

تُزيلُ الدحاريجُ الدوّارة الماءَ الزائد وتضغطُ الورق.

تُجفِّفُ عجينةُ الوَرَق تدريجيًا على شبكةٍ سلكيّة.

يمتَصُّ سَيْرُ اللبّاد الماءَ المتبقّي في الوَرَق.

يُصْقَلُ سطحُ الورق ويُنَعَّم بمجموعةٍ من الدحاريج الدوّارة.

يَخرجُ الخَشَبُ في النهاية لَفَّةً من الوَرَق.

صُنْعُ الوَرَق

يُصنَعُ الوَرَقُ في مصانع خاصّة حيثُ تُقطَّع جُذوعُ الخشب إلى قِطَع صغيرة لِتمكين الكيماويّات من حَلِّها وتحرير أليافِها. فالكيماويّاتُ السائلةُ الساخنة، تُذيبُ اللِّجنين (الخشَبين) الذي يُكْسِبُ الألْيافَ مقاومتَها وشِدَّتَها. ثمّ تُضافُ كيماويّاتٌ أخرى لتجعلَ الوَرَقَ صقيلًا متينًا وغيرَ شفّاف. وأخيرًا تُعالَجُ عجينةُ الوَرَق غرويًّا براتينج القَلْفونيّة أو بالشَّمْع لجعلِ الوَرَق مُقاومًا للماء.

تُعادُ نُفاياتُ الوَرَق إلى المصنع لإعادة تدويرِها (وتصنيعِها مجدَّدًا).

إعادةُ تدويرِ الوَرَق (وتصنيعه مُجدَّدًا)

يمكِنُ تخفيضُ عددِ الأشجار التي تُقطَعُ لِصُنع الوَرَق والكيماويّاتِ والطاقةِ المستخدمة في صُنعه بجمعِ الجرائدِ من المنازل، ونُفاياتِ الورق من المكاتب، والكرتونِ من المصانع وإعادةِ تدويرِها (أي تصنيعِها مجدَّدًا) لإنتاج المزيدِ من المُنتجات الورقيّة.

تُنَعَّم أليافُ الورق النَّسيجيّ وتُجَعَّدُ بسكينٍ أثناء دروجه خارجَ المكنة فيكتسب الوَرَقُ نسجةً ناعمةً خمْلة.

يُصْنَعُ الكرتون بطريقةٍ مماثِلة لِصُنْعِ الوَرَق.

تُجمعُ نُفاياتُ الورق لإعادة التدوير.

المُنتجاتُ الوَرَقيّة

تختلِفُ أنواعُ الوَرَق تبعًا لما تحتويه من ألياف، وما يُضافُ إليها مِن كيماويّات ولِطريقةِ مُعالجة عجينةِ الورق في مَكنة التصنيع. هنالك نوعان من الألياف الخشبيّة، نوعٌ رخيصٌ من سَحيق أليافِ الخشب، وآخرُ أغلى ثمنًا تُصَنَّعُ أليافُه كيماويًا.

هناك أنواعٌ عديدة من الوَرَق تتفاوتُ حجمًا ومتانةً واستعمالًا. كما تُضافُ الخُضَبُ والأصباغ لإنتاج مدًى لا حدَّ له من الألوان والأشكال.

لمزيد من المعلومات انظر
الكربون ص ٤٠
الحوامض ص ٦٨
المَكثورات ص ١٠٠
الأصباغ والخُضب ص ١٠٢
الألياف ص ١٠٧
حقائقُ ومَعلومات ص ٤٠٦

الخَزَفيّات

تؤلّفُ الخزَفيّاتُ الكثيرَ ممّا حوالينا من مختلِفِ أنواعِ الأطباقِ والأقداحِ والأباريقِ إلى طوبِ المباني وعوازِلِ الكبْلات وبدائلِ الأسنان. وتُقسَم الخزفيّاتُ إلى فئتَين - تشمَلُ الأولى الموادَّ التي تُشكَّلُ قبْلَ مُعالجتِها بالحرارة كما في الأواني الفخّاريّةِ والطوب. وتحوي الفئةُ الثانية الموادَّ التي تُشكَّلُ بعْدَ مُعالجتِها بالحرارة كما في الزُّجاج والإسْمَنْت.



طينُ الخَزّاف

طَفَلُ الأواني الفخّاريّة مزيجٌ من نوعَين منَ الطين هُما الكاولين (أو الطَّفَل الصيني) الذي يُكسِب الفخّاريّاتِ نسجَتَها الناعِمة، والطينُ اللَّدْن الذي يُكسِبُها المتانة.

استِعمالُ الخَزَفيّات

الخزَفيّاتُ موادُّ صُلْبةٌ قصِفةٌ تُصنَعُ بشَيِّ الطِّين الصلصالي. وقد استُخدِمَ هذا في صُنْعِ الأواني الفخّاريّةِ منذُ آلافِ السنين، وكان يُشْوَى في مَواقِدَ مكشوفة؛ أمّا اليوم، فيُشَوّى في أفرانٍ خاصّة. ويجري حاليًّا تطويرُ خزفيّاتٍ جديدة لِلاستِعمال في مُحرّكات السيّاراتِ والطائرات، لأنّها صامدةٌ لِدرجات الحرارة العالية جدًّا، وتدومُ طويلًا.

الطينُ المجفَّفُ بالنار يفقِدُ محتواهُ المائي ليتشكّلَ بِنْيةً أمتَنَ وأوثق.

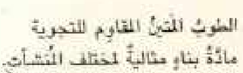
جُزَيئات الماء في الطين الرَّطْب.

في داخِلِ الفُرْن

تُشكَّلُ الأواني الفخّاريّةُ رَطْبةً وتوضَعُ في الفُرْن حتى تتصلَّد. وفي أثناء الشَّيّ تجري تفاعُلاتٌ في الطين تتفكّكُ فيها بعضُ كيماويّاتِه، ثمّ تُعاوِدُ ترابُطَها مُجدَّدًا لتكوِّنَ موادَّ أمتَنَ وأقوى.

الزُّجاجاتُ الصقيلةُ على حبّاتِ العقدِ الفخّاريّةِ هي أيضًا من الخزَف.

الطوبُ المتينُ المقاوِمُ للتجوية مادّةُ بناءٍ مثاليةٌ لمختلفِ المُنشآت.



يشُدُّ الإسْمَنْتُ كُسارةَ الصَّخر بعضَها إلى بعض في مزيجٍ خَرَسانيّ.

الطينُ المَسامّي في أُصيص النبات يدَعُ الماءَ يتبخَّرُ من التُّربة فيُبقي جذورَ النبتةِ باردةً.

صُنْعُ الإسْمَنْت

الصلصالُ والطباشيرُ والماءُ هي الموادُّ الأوّليّة لِصُنْعِ الإسْمَنْت.

تُمزَجُ الموادُّ الأوّليّة خليطًا طينيًّا رقيقَ القوام.

يُحمّى الخليطُ الطينيُّ في فُرْنٍ دوّار طولُه قُرابةَ ١٨٢ مترًا.

تُبرَّدُ كُتَلُ الإسْمَنْت المشويّة.

يُضافُ الجِبْسُ إلى كُتَلِ الإسْمَنْت.

تُطحَنُ كُتَلُ الإسْمَنْت مع الجِبْس لمَنْعِ الإسْمَنْت من الشَكِّ السريع.

الناتِجُ الأخير: إسْمَنْت سَحيق

الزُّجاجُ مادّةٌ صُلْبةٌ شفّافةٌ تُصْنَعُ من السليكات الفلزيّة. ويتمُّ تشكيلُ الزُّجاج في حالة الانْصِهار.

يُقدَّمُ الشرابُ في أكوابٍ خزفيّة، لأنّها مسيكةٌ لِلماء.

سطحُ البَلاطةِ المُزَجَّج سهْلُ التنظيف.

عمليّةُ شَكِّ الإسْمَنْت

مزيجٌ من الرَّمْل والحصباء

يُضافُ الإسْمَنْتُ إلى الرَّمْل والحصباء.

الماءُ المُضافُ يُحيلُ جُسيْماتِ الإسْمَنْت إلى بِلّورات.

تشدُّ بِلّوراتُ الإسْمَنْت الرَّمْلَ والحصى بقوّة فتشكِّلُ الخرسانة.

صُنْعُ الإسْمَنْت

في عمليّةِ التصنيع، يُحمّى الخليطُ الطينيُّ الرقيقُ القوام فيتحوّلُ مُحتواهُ الطباشيريُّ إلى أكسيد الكالسيوم، الذي يتّحِدُ مع السّليكون والألومنيوم في الصلصال مُكوِّنًا السّليكا والألومينا (سليكات وألومينات الكالسيوم) الإسمنتيّة. ثمّ تُطحَنُ مَدَراتُ الإسْمَنْت مع الجِبْس لمنعِهِ من الشّكّ السريع، وتُجهَّزُ لاستِخدامِ البنّائين.

شَكُّ الإسْمَنْت

سليكاتُ وألومينات الكالسيوم في الإسْمَنْت تتبلّورُ بإضافة الماء. وتتشكّلُ البِلّورات في الفجوات بين الرَّمْلِ والحصى في الخرسانة، فتُحيطُ بها من كُلِّ جانبٍ مُكوِّنةً روابطَ متينة تشُدُّ الإسْمَنْتَ بعضَه إلى بعض.

لمزيد من المعلومات انْظُر

الزُّجاج

الزُّجاجُ أحَدُ أقْدمِ الموادِّ المُسْتَحضرة اصطناعيًّا، إذ يَرجعُ تاريخُ صناعتِه إلى ما قبلَ ٥٠٠٠ سَنة. والزُّجاجُ فِعلًا هو رَمْلٌ سائلٌ مُبرَّد لمّا يكتمِلْ شكْلُه - لذا تجِدُ ألواحَ الزُّجاج العَتيقة أثخنُ قليلًا في قاعِدتها. والزُّجاجُ مادَّةٌ مُفيدة جدًّا لأنَّهُ سَهلُ التشكيلِ إلى أوعيةٍ شفّافةٍ صُلْبةٍ، لا يصدأُ ولا يتأثَّرُ بالكيماويّات. وهو أيضًا رخيصُ التصنيع ويمكِنُ إعادةُ تدويرِه مرّاتٍ عديدة. ويُستخدَمُ الزُّجاجُ على نطاقٍ واسِع - مِن أكوابِ الشراب إلى عَدَساتِ تصحيحِ الرؤية. ويُمكِنُ تغييرُ خصائصِه بإضافة الكيماويّاتِ أو موادَّ أخرى كالأسلاك أو بالتحكُّمِ في نمطِ تبريدِه.

زُجاجٌ يَدَويُّ التصنيع

لِتصنيعِ الزُّجاجِ يدويًّا تُؤخَذُ كُتلةٌ من الزُّجاج المُنصهِر على طَرَف قضيبٍ مُجوَّف من الحديد وتُنفَخُ فيها فُقّاعةٌ صغيرة. ثُمَّ يُبرَّدُ الزُّجاج بالدَّلْفَنة على لَوحٍ حديديٍّ ويُشكَّلُ بالأدوات بينما يُعادُ إحماؤه دوريًّا لتيسير المُعاملة.

مُقوِّمات الزُّجاج الأوليّة

ينصهِرُ الرَّمْلُ عادةً على درجة ١٧٠٠° س، لكِن إذا مُزِجَ مع كربونات الصوديوم (الصُّودا)، تنخفضُ درجةُ الانصهارِ وتُوفَّرُ الطاقة. وتُضافُ كربونات الكالسيوم (الحجرُ الجيري) لمنعِ الزُّجاجِ من الذَّوبان في الماء. كما تُضافُ أيضًا كِسَرُ الزُّجاج فتُصهَرُ لإعادة تدويرها.

عمليّةُ القَوْلَبة

صُنْعُ القوارير

تُستخدَمُ قوالبُ خاصّةٌ في تشكيل الزُّجاج المُنصهِر إلى أشكالٍ مُختلفة. ففي تشكيلِ القوارير، مثلًا، تُسْقَطُ كُمرَةٌ من الزُّجاج المُنصهِر في قالَبِ التشكيلِ وتُدفَعُ إلى قَعْرِ القالَبِ بالهواء المَضغوط. ويُنفَخُ الهواءُ صُعُدًا عَبْرَ الكُمرة (كُتلة الزُّجاج) لتشكيل القارورة مَبْدئيًّا. ثُمَّ تُنقَلُ هذه إلى قالَبٍ آخر حيث تُنفَخُ مُجدّدًا لِتأخُذَ شكلَ القارورة النهائي.

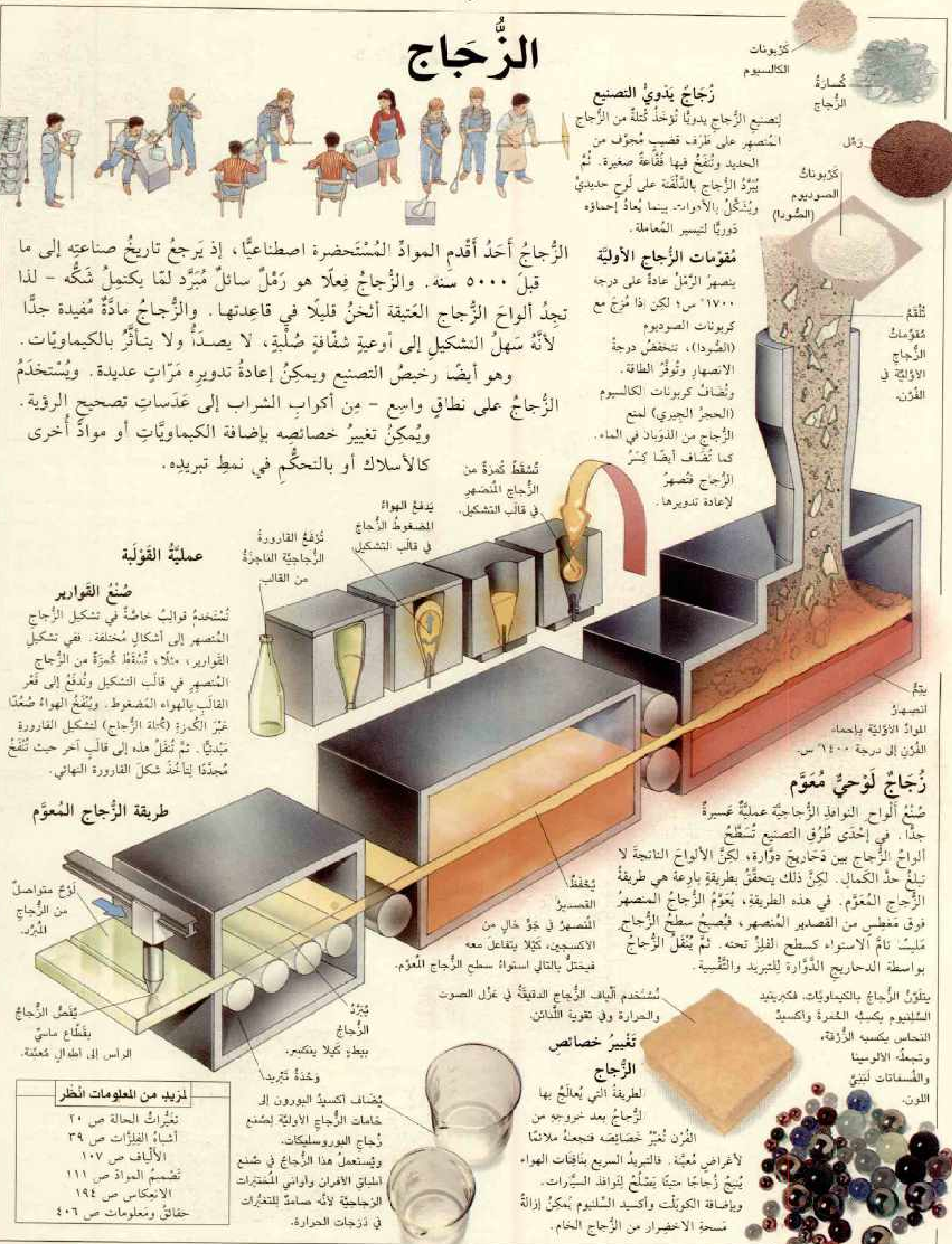
زُجاجٌ لَوْحيٌّ مُعَوَّم

صُنْعُ ألواحِ النوافذِ الزُّجاجيّة عمليّةٌ عَسيرةٌ جدًّا. في إحْدَى طُرُقِ التصنيع تُسَطَّحُ ألواحُ الزُّجاج بين دَحاريجَ دوّارة، لكِنَّ الألواحَ الناتجةَ لا تبلغُ حدَّ الكَمال. لكِنَّ ذلك يتحقَّقُ بطريقةٍ بارِعةٍ هي طريقةُ الزُّجاج المُعَوَّم. في هذه الطريقةِ، يَعُومُ الزُّجاجُ المنصهِرُ فوقَ مَغطِسٍ من القصدير المُنصهِر، فيُصبِحُ سطحُ الزُّجاجِ مَلِيسًا تامَّ الاستواءِ كسطحِ الفِلِزِّ تحته. ثُمَّ يُنقَلُ الزُّجاجُ بواسطةِ الدحاريجِ الدَّوّارة لِلتبريد والتَّقْسِية.

طريقة الزُّجاج المُعوَّم

تَغْييرُ خصائصِ الزُّجاج

الطريقةُ التي يُعالَجُ بها الزُّجاجُ بعد خروجِه من الفُرْن تُغيِّرُ خصائِصَه فتجعلُه ملائمًا لأغراضٍ مُعيَّنة. فالتبريدُ السريع بنافِثات الهواء يُنتِجُ زُجاجًا متينًا يَصلُحُ لِنوافذ السيّارات. وبإضافة الكوبَلْت وأكسيد السِّلِنيوم يُمكِنُ إزالةُ مَسحةِ الاخضِرار من الزُّجاج الخام.



لمزيد من المعلومات انْظُر
تغيُّراتُ الحالة ص ٢٠
أشباهُ الفِلِزّات ص ٣٩
الألياف ص ١٠٧
تصميمُ الموادّ ص ١١١
الانعكاس ص ١٩٤
حقائقُ ومعلومات ص ٤٠٦



تصميمُ الموادّ

كَمْ يكونُ العَيشُ في بيتِكُم مُختلِفًا وعَسيرًا لَو كان كُلُّ ما فيه مصنوعًا من مادَّةٍ واحدة كالفولاذ! المعروفُ أنَّ البيتَ يتطَلَّبُ أصنافًا مُتعدِّدة مُتنوِّعةً من الموادّ - فإطارات النوافذ مثلًا، تُصنعُ من الخشَبِ المَتين، بينما تُتَّخذُ مأطوراتُها من ألواحِ الزُّجاجِ لإنفاذِ الضوءِ وصَدِّ المطَر. واليومَ، قد يُستبدَلُ بالخشبِ اللَّدائنُ، كما قد تزجَّجُ النوافذُ بألواحٍ مُزْدَوجةٍ لمَنْعِ سُروبِ الحرارة. وما فتِئَ الناسُ يبحثون عن مَوادَّ جديدةٍ تجعلُ سُبلَ العيشِ أيسرَ وأقلَّ تكلِفةً. وقد يتضمَّنُ هذا السَّعْيُ استِخدامَ موادَّ قديمةٍ بأساليبَ جَديدة، أو ضَمَّ موادَّ مختلفةٍ بعضِها إلى بعض، أو إجراءَ تجاربَ على الكيماويّات لابتِكار موادَّ جَديدةٍ تمامًا. وينبغي إخضاعُ كُلِّ مادةٍ أو تَوليفةِ موادَّ جديدة لاختباراتٍ دقيقةٍ شاملةٍ لِلتأكدِ من صلاحيتِها.



لَدائنُ مُعزَّزةٌ بالزُّجاج

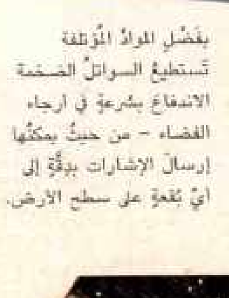
تكتسِبُ اللَّدائنُ قُوَّةً إضافية إذا عُزِّزت بالألياف الزُّجاجيَّة، وتُعرفُ حينئذٍ بالزجاج الليفي. ويُستخدَمُ هذا الزُّجاجُ في بناء القوارب وغيرها من التجهيزات، وهو مَثَلٌ على مادةٍ مؤتلفةٍ تجتمعُ فيها مادَّتين شائعتين.

يتألَّفُ هيكلُ الساتِلِ (القمرِ الصناعيِّ) من قَلْبٍ لدائنيٍّ أو معدنيٍّ نُخروبيِّ البِنية مُصفَّحًا من الجانبَين بألواحٍ لدائنيَّةٍ مُعزَّزةٍ بألياف كربونيَّة مُغرّاةٍ بِلُصوقاتٍ متينة.

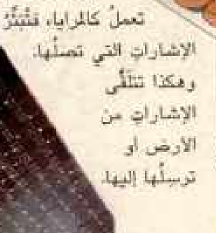
تُلصَقُ اللدينةُ الغِطائيةُ على هذا الجانبِ من الغِشاء الغِرائي.

غِشاءٌ غِرائي

قَلْبٌ معدنيٌّ (فِلِزّيّ) أو لدائنيٌّ نُخروبيُّ البِنية



بفَضْلِ الموادِّ المُؤتلفة تَستطيعُ السواتلُ الضخمة الاندفاعَ بسُرعةٍ في أرجاءِ الفضاء - من حيثُ يمكنُها إرسالَ الإشاراتِ بدِقَّةٍ إلى أيِّ بُقعةٍ على سطحِ الأرض.



الهوائيّاتُ العديدةُ تعملُ كالمرايا، فتُبَئِّرُ الإشاراتِ التي تصلُها. وهكذا تتلَقّى الإشاراتِ من الأرضِ أو ترسِلُها إليها.

الهوائي

مَوادُّ السَّواتِل

لِكَي تحتملَ السَّواتلُ ظروفَ القَذْفِ والانطِلاقِ القاسيةِ إلى الفضاءِ وفيه، يَنْبغي أنْ تُبْنى من موادَّ خاصَّةٍ أكثرَ مرونةً ومتانةً من الخشَبِ أو المعدن. لذا تُصنَعُ السَّواتلُ من موادَّ مُطوَّرةٍ خِصّيصًا لذلك - خفيفةٍ لِتيسير الانطِلاقِ من الأرض، ومتينةٍ لتحتملَ الإجهاداتِ والانفعالاتِ التي تُجابهُ السواتلَ في مداراتها حولَ الأرض.



موادُّ مُقاومةٌ لِلحرارة

تَستطيعُ السَّبائكُ الخزفيَّةُ الفِلِزّيَّةُ (السِّرمت) الصمودَ لِدرجاتِ الحرارةِ العاليةِ جِدًّا. ومن تلك السَّبائكِ تُصنَعُ أرياشُ التُّربينات النَّفّاثةِ ومَنافثُ الصواريخِ التي ترتفِعُ درجةُ حرارتها ارتفاعًا مُذهِلًا أثناءَ العَمَل. ويُعزَلُ المكّوكُ الفضائيُّ بآلافِ آجُرِّ السِّرمت لمقاومةِ حَرارةِ الاحتِكاكِ الناتجةِ خِلالَ عودتِه إلى جَوِّ الأرض.

مَوادُّ لإنقاذِ الحياة

من أهمِّ إنجازاتِ الطِّبِّ الحديثِ إمكانيةُ تعويضِ الكثيرِ من أجزاءِ الجِسْمِ العَليلةِ أو المَعْطوبة ببدائلَ اصطناعيَّة. فتُستخدمُ السَّبائكُ الفِلِزّيَّةُ في صُنْعِ صفائحِ القِحْف، والمُؤتلفاتُ الفِلِزّيَّةُ اللدائنيَّةُ في صُنعِ مفاصلِ الحَوْضِ الاصطناعيَّة، والأليافُ النسيجيَّةُ في صُنْعِ الأوعيةِ الدَّمويَّة. وتجري حاليًّا تجاربُ على القُلوبِ الاصطناعيَّةِ من اللَّدائنِ الألومنيوميَّة.

رَصْدُ النُّجوم

تُستخدمُ التِلِسْكوباتُ العملاقةُ لاستكشاف أجواءِ الفضاءِ الرَّحيب. ومِن أهمِّ مُقوِّمات التِلِسْكوب المرآةُ الضخمةُ اللازِمةُ لتكوينِ صورةٍ واضحة يستطيعُ عُلماءُ الفَلَكِ رؤيتَها مُفصَّلةً.
وتُصنعُ أمثالُ هذه المرآةِ من زُجاجٍ خَزَفيٍّ متينٍ لا يتهشَّمُ بِثقَلِ المرآةِ كما لا يتأثَّرُ شكلُه بتغيُّرِ درجاتِ الحرارة.

لمزيد من المعلومات انظُر

خصائصُ المادَّة ص ٢٢
السَّبائك ص ٨٨
الألياف ص ١٠٧ - الوَرَق ص ١٠٨
الخزَفيّات ص ١٠٩
الزُّجاج ص ١١٠
حقائقُ ومعلومات ص ٤٠٦

التَّلَوُّثُ الصِّناعيّ

التَّلَوُّثُ هو النتيجةُ الطبيعيَّةُ لاستِعمالِنا أنواعًا مُختلِفةً من الموادِّ التي تبتعِثُ إلى المحيط الذي نعيشُ فيه مُلَوِّثاتٍ تُضِرُّ بالكائناتِ الحَيَّةِ وبمختلفِ البِنَى والإنشاءات. حتَّى قُرابةِ مئتَي عامٍ خَلَت ظلَّ التلَوُّثُ البيئيُّ قليلًا ومحدودًا لأنَّ عددَ السُّكانِ كان أقلَّ وكان استِخدامُ الناسِ في غالبيته مَقصورًا على الموادِّ الطبيعية. فكانت فَضَلاتُهم تتفكَّكُ وتتحَلَّلُ بفعل ميكروباتِ التُّربة. أمَّا اليومَ فالمصانعُ والسيَّاراتُ والكثيرُ من المكنات ومحطاتِ القُدرة تُشوِّهُ البيئةَ بملوِّثاتِها، كما إنَّ بعضَ نُفاياتنا وفَضَلاتنا غيرُ قابلةٍ للتفكُّك، وهي تُلَوِّثُ اليابسةَ والماءَ والهواء. ويحاولُ خبراءُ الصناعة حاليًّا الحَدَّ من التلَوُّث الذي تُسبِّبُه الصناعاتُ المُختلِفة.



تَغْطِيةُ المَناظِر المؤذية

تمتلِئُ المكَبّاتُ القريبةُ من المُدُن بالنُّفايات التي تُخزَّنُ فوقَ صفائحَ من البوليثين للتحكُّم في تصريف المياه. أما الميثانُ الناتجُ عن تفكُّك النُّفايات كيماويًّا فيُجمَعُ في أنابيبَ ويُستخدمُ كوَقود. وعندما يمتلِئُ المكبُّ، تُغَطَّى النفاياتُ بالتُّراب وتغرَسُ بالنباتات المناسبةِ لخَلْقِ مَواطنَ جديدةٍ للحيوانات.

طَبَقَةُ الأُوزُون

الغازاتُ الكربونيَّةُ المُهَلْجَنةُ بالكلور والفلور والتي تُستَخدمُ في المرذَّات ووسائلِ التبريد تُتلِفُ طبقةَ الأوزون عندما تتسرَّبُ إلى أعالي الجَوّ. ويجري حاليًّا استِبدالُ ثاني أكسيد الكربون والغازاتِ الهدروكربونيةِ المناسبة، التي لا تؤثِّرُ في طَبَقةِ الأوزون، بتلك الغازاتِ المُهَلْجَنة.

كثيرٌ من موادِّ مياه الصَّرْف يمكنُ استخدامُها كموادَّ أوليَّةٍ في عملياتٍ صناعيَّةٍ أخرى.

جُسيماتُ الأدْخنةِ الصلبةُ يمكنُ إزالتُها في المداخِن بواسطة مُرَشِّحٍ إلكتروستاتي، حيث تتجمَّعُ الجُسَيماتُ على الجدران الداخليَّةِ للمِدْخَنة.

يمكنُ تخفيضُ كمّيّاتِ ثاني أكسيد الكبريت في الأدخنة باستخدام وقودٍ خالٍ من الكبريت، أو برَشِّ الدخان بالماء قبلَ أن يترُكَ المِدْخَنة.

استخدامُ البنزين غيرِ المرصّص، يُخفّضُ تلوُّثَ البيئة بالرصاص.

أشكالٌ من التَّلَوُّث

يتَّخذُ التلوثُ أو التلويث الصناعي أشكالًا عديدة: فاستخراجُ الموادِّ الأوليَّة من الأرض يُتلِفُ مَواطنَ النَّبتِ والحيوان ويترُكُ حُفَرًا هائلة. وتؤلِّفُ أكوامُ النُّفايات الصناعيَّةِ الجامدةِ تِلالًا لا تحلو للنّاظرين. وقد تنتجُ أدخِنةُ المصانعِ حوامضَ في السُّحُب ومَطَرًا حامضيًّا مُضِرًّا بالنبت أو تمتزجُ مع غازات العوادم من وسائل النَّقلِ ناشرةً الضُّخانَ (الضبابَ الدُّخاني) فوقَ المُدُن. وقد تحوي المياهُ المنصرفة من المصانع فضلاتٍ تسمِّمُ الأحياءَ المائيَّة. ولا ننسى بُقَعَ الزَّيتِ الضخمة على صفحة مياهِ البحر عند تعرُّضِ البواخِرِ أو ناقلاتِ الزيت للحوادث.



حِفْظُ الحرارة

إذا بُدِّدَت الحرارةُ في المباني، فينبغي تعويضُها بحَرْقِ كمّيّاتٍ أكثرَ من الوَقود، وهذا يكلِّفُ مالًا ويسبِّبُ مزيدًا من التلوُّث. ويمكنُ الكَشْفُ عن فِقدان الطّاقةِ الحراريَّة من مَصْنَعٍ أو مَبْنًى بتصويره بالأشِعّة تحتَ الحمراء، حيثُ تظهَرُ على الصورة المناطقُ الأكثرُ فَقْدًا للحرارة باللون الأبيض. إنَّ معالجةَ هذه المناطقِ باستخدام عَزْلٍ إضافيٍّ يَحُدُّ من فَقْد الحرارة.

صورةٌ مُصْطَنَعةُ التلوين تُبيِّنُ فقدانَ الحرارة في مبنًى متعددِ الطوابق.

إعادةُ تدويرِ الموادّ

تُستهلكُ موادُّ أوليَّةٌ أقلُّ إذا أُعيدَ تدويرُ الموادّ في النُّفايات – وهكذا، تُصانُ الموادُّ الأوليَّة لاستخدامها في مراحلَ مستقبليَّة، كما يُخفِّضُ التلوُّثَ وتُوفَّرُ الطاقة. فباستخدام الموادِّ المُعادةِ التدوير في صُنعِ عُلَبِ الألومنيوم مثلًا، يُوفَّرُ ٩٥ بالمئة من الطاقة ويخفضُ أيضًا ٩٥ بالمئة من التلوُّث.

لمزيد من المعلومات انْظُر

الكبريت ص ٤٥
الحفّازات ص ٥٦
كيمياءُ الهواء ص ٧٤
صناعة الكيماويّات ص ٨٢
الغلافُ الحَيَويّ ص ٣٧٠
حقائقُ ومعلومات ص ٤٠٦



القُوَى والطَّاقة

كُلُّ ما يحدثُ، مِن بَريقِ البَرْق إلى شَدِّ شَريطِ الحِذاء، يتطلَّبُ طاقةً؛ فبِدُونِ الطاقة لا شيءَ يستطيعُ العيشَ أو الحركة. الحيواناتُ تَسْتَخدِمُ الطاقةَ في السَّير والركض، والنباتاتُ تستخدِمُها في النمُوّ. الرِّيحُ بالطَّاقةِ تَهُبُّ، والأمواجُ بِها تموجُ عَبْرَ المحيط، والسَّيَّارةُ تسيرُ بالطَّاقة المُختزنةِ في وَقُودها. لكنَّ كُلَّ هذه الأشياء ما كانت تتِمُّ في غِياب قُوًى فاعِلة، فاستخدامُ الطاقة ينطوي دَومًا على قُوًى بشكلٍ أو بآخر. فالقُوى ضروريَّةٌ لِبدءِ حركة الأشياء، أو لِتَغيير نَمطِ حركتها، أو لِوقفِها عن الحركة. وبالقُوى أيضًا تُفتَّتُ الأشياءُ أو يُشَدُّ بعضُها إلى بعض. فبِدون القُوَى والطَّاقةِ لا يُمكِن أن يحدثَ أيُّ شيءٍ في الكَوْن.

في الفَضَاء

تعملُ القُوَى والطَّاقةُ على نِطاقٍ واسع في الفضاء. فالنجومُ تسطعُ بما تشِعُّهُ من طاقةٍ حراريَّةٍ وَضوئيَّة. ويبقى جَوُّ النجم حوالَيهِ بقُوَّةِ الجاذبية - وهي القُوَّةُ ذاتُها التي تجذِبُ الأجسامَ إلى الأرض.



استِخدامُ الرِّيح

ينطوي رُكُوبُ الأمواج الشّراعيُّ على استخدام القُوَى والطاقة بِبَراعة. فيَسْتخدمُ رَاكِبو الأمواج طاقتَهُم الجَسَديَّةَ لِلتحكُّم باللوحِ والقفز فوقَ الأمواج، بينما تُوَلِّدُ طاقةُ الرِّيحِ القوَّةَ التي تدفَعُهم قُدُمًا. وإذا تجاوزت هذه القوَّةُ حدًّها في أيِّ اتجاه يختلُّ توازنُ اللوح فينقلِبُ براكِبه. لذلك يبذُلُ راكبُ الأمواج قوَّةً ضِدَّ اتجاهِ هبُوب الرِّيح تمكِّنُه من حِفظ توازُنِه وإبقاءِ الشراع مُنْتَصِبًا.



طاقةٌ من الشَّمس

تُوَفِّرُ الشَّمسُ مُعظمَ الطَّاقة التي نحتاجُ إليها بالضَّوء الذي تشِعُّه. ففي ساعةٍ واحدة يَصِلُ الأرضَ من الطاقة الشمسيَّة أكثرُ ممَّا تستهلِكُه البشريَّةُ جمعاء في سنةٍ كاملة. أمّا النباتاتُ، كَدوّار الشَّمس أعلاه، فتحتاجُ الطاقةَ الشمسيَّةَ لِلنمو، وهي تختزنُ بعضًا منها كطاقةٍ كيماويَّة. والحيوانُ الذي يأكلُ تلك النباتات يستخدمُ تلك الطاقةَ المُختزَنة.

تُؤثِّرُ القُوَى في كُلِّ شيءٍ حتى في الجُسَيمات الدقيقةِ المِجهريَّة.



أضواءُ الليل

الكهرباءُ شكلٌ من أشكال الطاقةِ يُوَلَّدُ في مَحطات قُدرةٍ ضخمة، ويُنقَلُ بالكَبْلات عَبْرَ مسافاتٍ طويلة إلى المنازل والمكاتبِ والمصانع. وبِكَبْسةِ زِرٍّ مِفلاديٍّ تتحوَّلُ هذه الطاقةُ بسُهولةٍ إلى طاقةٍ حراريَّة أو ضوئيَّة أو إلى قُدرة ميكانيكيَّة.



القُوَى في المباني

مُشيِّدو الأبنية يأخذون في الحسْبان ضرورةَ صُمودها لِلقُوى الكبيرة التي قد تتعرَّضُ لها كَيْلا تنهار. فهذا السقفُ، في إحدى محطَّاتِ مطار جدَّة بالمملكة العربيَّة السُّعُوديَّة، مصنوعٌ من زُجاج لِيفيّ أمْتَن من الفُولاذ، تمظُّلُه القُوى المُشَكَّلة بأنماطٍ فريدة.

القُوَى دُونَ الذرِّيَّة

تؤثِّرُ القُوَى في الجُسَيمات الدقيقة كما في الأجسام الضَّخمة. فالقُوَى المؤثِّرةُ داخِلَ نَوى الذرَّات هي أشدُّ القُوَى، وهي القوى التي تتحرَّرُ طاقتُها في انفِجارِ قنبلةٍ نوويَّة.

القُوَى

تُحيطُ بنا القُوَى من كُلِّ جانِبٍ؛ والقُوَّةُ دَفْعٌ أو شَدٌّ يُؤثِّرُ في الجِسْم. فالرِّيحُ تبذلُ قوَّةً حينَ تهُبُّ، والجاذبيةُ الأرضيةُ قوَّةٌ تجذِبُ الأشياءَ نحوَ مركزِ الأرضِ فتكسبُها أوزانَها. والحيواناتُ والمَكِناتُ أيضًا تؤثِّرُ بِقُوًى مختلفة. فعندما تثِبُ جُنْدُبَةٌ من سطحِ ورقةِ نَبات، تَضْغَطُ ساقاها بِقُوَّةٍ صغيرةٍ عليها. والمَكِناتُ تُسْتخدمُ لتوليد قُوًى ضخمة، فالمحرِّكُ النفَّاثُ يُولِّدُ قوَّةً أكبرَ بملايينِ المرَّاتِ من القوَّة التي تحدثُها وثبةُ الجُنْدُبة.

القُوَى في الطيران

تؤثِّرُ على الطائرة أثناءَ الطيران قُوًى أربع. فالمحرِّكُ يُولِّدُ قُوَّةَ الدَّفعِ إلى الأمام، والجَناحانِ يولِّدانِ قُوَّةَ الرَّفعِ صُعُدًا، وقُوَّةُ الجاذبيَّةِ الأرضيَّةِ تَشُدُّ الطائرةَ إلى أسفل، بينما تعيقُ مُقاومةُ الهواءِ سَيْرَ الطائرةِ بقُوَّةِ رَدِّ الفعلِ الناتجةِ عن اندفاعها فيه.

القُوَى يُمكنُها أن تُوقِفَ الأجسامَ المتحرِّكةَ أو تُبطِئَ سُرعتَها.

قُوى الازدواج يُمكنها أن تُلْوِيَ أو تفتلَ الموادَّ.

القُوَى يمكنها أن تَمُطَّ الأجسام.

القُوَى المُزدوجة يُمكنها أن تَثْنيَ الجسم.

القُوَى يُمكنُها أن تُغيِّرَ اتِّجاهَ الجِسْمِ المتحرِّك.

القُوَى يُمكنها أن تحرِّكَ الجسمَ الساكنَ أو تُسَرِّعَ الجسمَ المتحرِّك.

القُوَى يُمكنها أن تمزِّقَ الأشياء.

القُوَى يُمكنُها أن تجعلَ الجسْمَ المتحرِّكَ يرتدّ.

القُوَى يُمكنها أن تجعلَ الجِسْمَ يغوصُ أو يطفو في سائل.

قُوى الازدواج يُمكنها أن تجعلَ الجِسمَ يبرمُ أو يدور.

القُوَى يُمكنها أن تهرُسَ الجِسْمَ أو تشوِّهَه.

تأثيراتُ القُوَى

أربعةُ أشياءَ رئيسيَّةٌ قد تَحْدُثُ إذا ما دَفعَتْ قُوَّةٌ جِسْمًا أو شَدَّتْه. فالجِسْمُ الساكِنُ قد يبدأُ بالتحرُّك، والجِسْمُ المتحرِّكُ قد تتغيَّرُ سُرعتُه أو يتغيَّرُ اتِّجاهُه، أو قد يتغيَّرُ شكلُ الجِسْمِ أو حجمُه بذلك. وكلَّما ازدادت القوَّةُ يَزْدادُ تأثيرُها.

قُوى الطبيعة

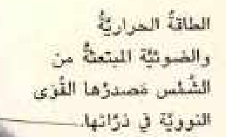
بَعْضُ أحوالِ الطَّقسِ تُوَلِّدُ قُوًى عظيمة. فالأعاصيرُ الدُّوَّاميَّةُ قد تُحدِثُ دمارًا هائلًا؛ والضخمُ منها قد يقذفُ عاليًا في الجَوِّ كُلَّ ما يعترضُ طريقَه، من سيَّارات وأبنيةٍ وأشجار ثمّ يُسقِطُها لِتتحطَّمَ على بُعْدِ مئات الأمتارِ من مواقعها الأصليَّة. والإعصارُ الدُّوَّاميُّ الأكثرُ تدميرًا هو المُسجَّل عام ١٩٢٥ في الولايات المتحدة الأمريكية حيثُ قُتِلَ مئاتُ الأشخاص ودمِّرت المباني وقُلبت السيَّاراتُ واقتُلعت الأشجارُ بعرض ٣٠٠ مترٍ على مَدى مَسارِه الشَّاسِع.

مَجالاتُ القُوَّة

مَجالُ القُوَّةِ هو المِنْطَقةُ التي يُشعَرُ بتأثيرِها فيها؛ وتزدادُ شِدَّةُ المجالِ بالاقترابِ من مصدرِ القُوَّة، كمغنطيسٍ مثلًا. فإذا نَثَرْتَ بُرادةَ الحديدِ على صفيحةِ ورقٍ موضوعةٍ فوقَ قضيبٍ مغنطيسيٍّ، تَرَاها تتجمَّعُ بموازاةِ خطوطِ القوَّةِ في المجالِ المِغنطيسيِّ. وتُبيِّنُ هذه الخطوطُ نَسَقَ انتشارِ مَجالِ القُوَّةِ حَوْلَ المِغْنَطيس.

عبد السَّلام

في العام ١٩٧٩، أصْبحَ العالِمُ الباكستاني، عبد السَّلام، (المولود عام ١٩٢٦) أوّلَ شخص من بِلاده ينالُ جائزةَ نُوبَل. كانَ عبد السَّلام يرغَبُ في أن ينالَ وظيفةً حكوميّة، لكنَّ القَدَرَ أرادَ له غيرَ ذلك إذ حصلَ عبدُ السلام على مِنحةٍ لِدراسة الفيزياء في جامعة كيمبرِدج، بإنكلترا. وهناك طَوَّرَ نظريّةَ القوّةِ الكهرواهِنة. وقد تبيَّنَتْ صِحّةُ آرائه في المُختبَرِ الأوروبيّ لِلأبحاث (سيرن)، بالقُرب من جنيف، سويسرا، عام ١٩٧٣.



الطاقةُ الحراريّةُ والضوئيّة المنبعثةُ من الشّمس مَصدرُها القُوى النوويّة في ذرّاتها.

القُوَى الأساسيّة

القُوَى الأساسيّة هي الجاذبيّةُ والكهربائيّةُ والمِغْنَطيسيّةُ ونوعانِ من القوّة النوويّة دُعيا الواهِنةَ والقويّة؛ وجميعُ ما تبقّى من القوى مُستمَدٌّ بشكلٍ أو بآخرَ من هذه القُوَى الأساسيّة. في العام ١٩٧٩، نال جائزةَ نُوبل للفيزياء كلٌّ من شِلدُن جلاشو وستيفن واينبرغ وعَبْد السّلام لِبَرْهَنَتِهم أنّ القُوَى المِغْنَطيسيّة والكهربائيّة والنوويّةَ الواهِنة هي في الحقيقة مَظاهِرُ لِقُوّةٍ واحدة هي القوّة الكَهْرُواهِنة. ويُحاولُ العُلماءُ حاليًّا بَرْهنةَ النظريةِ الموحّدة العظمى (ن م ع) القائلة بوجود علاقةٍ تربطُ بين الجاذبيّة والقوّة النوويّة القويّة وبين القوّة الكَهْرُواهِنة.

لَوحاتُ السّاتِلِ الشّمسيّةُ تولِّدُ الكهرباءَ من ضوء الشّمس.

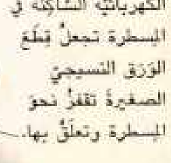
الجاذبيّةُ قُوّةٌ بعيدةُ المدى؛ فالجاذبيّةُ الأرضيّةُ يمتدُّ أثرُها بعيدًا في الفضاء بحيث تُبْقي السّواتلَ في مداراتها.

قُوَى التَّلامُس واللاتلامُس

تَنْتُجُ بعضُ القُوَى فقط عندما يَمَسُّ جِسْمٌ جِسْمًا آخر، وتُعرَفُ هذه القُوَى بقُوَى التلامُس أو التماس. وهنالك قُوًى أُخرى تفعلُ أو تؤثّرُ دونما تماسّ. فالمِغْنَطيس مثلًا، يستطيعُ جذْبَ قطعةٍ من الحديد دونَ أن يلمِسَها؛ وتُعرفُ هذه القُوَى بقُوى اللاتلامُس.

الأرضُ مِغْنطيسٌ ضخم، تجعلُ قوّته إبرةَ البوصلة تتّخذُ إتجاهَها نحو الشمال أينما كانَ على سطحها.

الكهربائيّةُ السّاكِنة في المِسطرة تجعلُ قِطَعَ الوَرَق النسيجيّ الصغيرةَ تقفزُ نحوَ المِسطرة وتعلَقُ بها.



بازدياد القُوّةِ المُسلَّطة على الكُرَة، تزدادُ المسافةُ التي تقطعُها الكرة.

تبدأُ الكُرةُ الثانيةُ بالتحرّك فقط بعد أن تسلِّطَ الكرةُ الأولى قوّةً عليها بالصدم.

القُوَى الكهربائيّة

تُشحَنُ المِسْطرةُ اللَّدائنيّة بالكهربائيّة السّاكِنة إذا دُلِكت بقميص من الصوف أو الفانِلّة. وهذه الكهربائيّةُ تجعَلُ المِسْطرة تجتذِبُ قِطَعًا ورقيّةً صغيرةً نحوها بدون أنْ تلمِسَها.

الخَبْطُ بالقُوّة

التّماسُّ الجيّدُ ضروريٌّ عندما يخبِطُ اللاعب كرةَ البلياردو بعَصاه. فقوّةُ دَفْعِ العصا تُسلِّط قوّةَ تلامسُ الكرة فتحرّكَها. وإذا ارتطمت الكُرةُ المتحرّكةُ بكُرةٍ أُخرى ساكنةٍ، فإنّ صدمةَ التماسّ تحرّكُ الكرةَ الثانية.

القُوّة المَرِنَة

في القَفْزِ العالي بالزّانة (أو العَصا الطويلة)، يَسْتَعينُ اللاعبُ بمُرونةِ عَصاه. فهو يُثَبِّتُ طرفَ الزّانةِ في الأرض ثُمَّ يَثْني الطرفَ الآخر بقوّةٍ مُثْقَلًا وهو يقفِزُ. وبعودةِ استِقامةِ الزّانة تُسلِّطُ بمُرونتها قوّةَ رَفْعٍ على اللاعب تمكّنُه من القَفْزِ عاليًا. والتلامُسُ حاصِلٌ هنا طبعًا بين اللاعب وعَصاه!



لمزيد من المعلومات انظر

القُوَى والحَرَكة ص ١٢٠
مَصادِرُ الطاقة ص ١٣٤
الطاقةُ النوويّة ص ١٣٦
الكهربائيّة السّاكنة ص ١٤٦
المِغْنَطيسيّة ص ١٥٤
بِنْيَةُ الأرض ص ٢١٢
الأعاصيرُ الدَّوّاميّة ص ٢٥٩

جَمْعُ القُوَى ومُحَصَّلاتُها

الكثيرُ من الأجسام يُؤثِّرُ فيها أكثرُ من قوّةٍ واحدة. فوَزْنُ اليخْت مثلًا، قُوَّةٌ تشُدُّه إلى أسفل فيما يَدفعُه الماءُ إلى أعلى بقُوَّةٍ مُعادِلةٍ تمنعُه من الغَرَق. وتهُبُّ الرِّيحُ على الأشرعة فتَدْفعُ اليختَ بقُوَّةٍ عَبْرَ الماء، لكِنَّ الماءَ يُضادُّ حركةَ المركب بقُوَّةٍ تبطِئُ سُرعته. وتُدعى النتيجةُ الإجماليَّةُ لتأثير قوَّتَين أو أكثرَ في جسمٍ ما مُحصَّلَةَ تلك القُوى. وهكذا تعرَّف مُحصَّلة قوتين بأنَّها القوَّةُ المفردة التي لها نفسُ تأثيرِ القوَّتَين معًا. وجديرٌ بالذِّكر أنَّ القُوَى هي كمِّيَّاتٌ مُوَجَّهةٌ، والكمِّيَّةُ المُوَجَّهةُ ذاتُ مِقدارٍ واتجاهٍ يُحدِّدانِها.



المُحَصَّلة

لإيجادِ محَصّلةِ قُوًى مُتعدِّدةٍ يتوجَّبُ أخذُ اتّجاه ومقدارِ كُلٍّ منها بالاعتبار. وعندما تُسلَّطُ قُوّتانِ على الجِسْم وتميلُ إحداهُما عن الأخرى بزاويةٍ مُعيَّنة تقَعُ المحَصِّلةُ بين القوّتين.

قَرِيقا عُمّالٍ من قُدَماء المصريين يجرُّون كتلةً ضخمةً مِن الصخر بمُحصِّلةِ قُوَّتين مُتساويتين.

المُحصِّلةُ تجُرُّ الكتلةَ إلى الأمام.

قُوَى الإبْحار الشِّراعيّ

يُسَيِّرُ البحّارةُ مَراكِبَهم الشراعيَّةَ في الاتّجاه الذي يريدونَه بغضِّ النظَر عن اتجاهِ هُبُوب الرِّيح. ذلك لأنَّ هناك قوّتينِ تتضامّان لإنتاج مُحصِّلةٍ تدفعُ المركبَ في الاتّجاه المُعيَّن: القُوَّةُ على الأشرعة، وهي تعتمدُ على اتجاهِ الرِّيح وعلى موقع الأشرعة، والقوّةُ التي يُنتِجُها صالبُ القاعدة وهي تمنعُ انجرافَ المركبِ جانبيًّا.

مُتوازي القُوَى

إذا أثَّرتْ قوَّتانِ في جِسْمٍ باتّجاهَين مختلفَين، وبزاويةٍ معيَّنة بينهما، يُمكِنُنا إيجادُ مُحصِّلتِهما برسم مُتوازي أضلاعٍ يُمثِّلُ الضّلعان (أ) وَ (ب) فيه مِقدار واتّجاه القوّتين. ثمَّ نكملُ المُتوازي برسم الضلعين (ج) وَ (د) مُوازِيَيْن لِـ (أ) وَ (ب) على التوالي. حينئذٍ يُمثِّلُ القُطْرُ (هـ) مِقدارَ واتّجاه المُحصِّلة.

رَفْعُ الأثقال

إذا أثَّرتْ قُوّتانِ مُختلِفتا المِقدار في جِسْمٍ في اتّجاهَين مُتضادَّين، فاتجاهُ المُحَصِّلةِ هو اتجاهُ القوّةِ الأكبر. لذلك يَجْهَدُ رافعُ الأثقالِ في بَذْل قُوَّة رفعٍ قُصوى على الثِّقْل المُرادِ رَفعُه، في حين يشدُّ الثِّقلُ بوزنه إلى أسفل. إذْ على رافعِ الأثقال أن يبذلَ قوّةَ رفعٍ أكبرَ من وزنِ الثِّقْل كي يستطيعَ رَفْعَه. أمّا إذا كانَ وَزْنُ الثِّقل هو الأكبر فإنَّ الثِّقْلَ سيسقُط مُرتدًّا إلى الأرض.

عندما يجذبُ قَضيبا المِغْنَطيس الكُرَيّاتِ الفُولاذيّةَ بقوّتَين متساويتَين ومُتضادَّتين، تبقى الكُرَيّاتُ ساكنةً في مواقعها ولا تتحرَّكُ نحو أيٍّ من المِغْنطيسَين.

القُوَى المُتَساوِيةُ المُتضادّة

إذا سُلِّطت قوّتان على جِسْمٍ في اتّجاهَين مُتضادّين فمُحصِّلتهما هي الفَرْقُ بينهما وتؤثِّرُ في اتجاه القوّة الأكبر. وإذا كانت القُوّتان مُتساويتَين، فإنَّهما تتعادَلان - أي تُعادِلُ إحداهُما الأخرى، وتكونُ المحَصِّلةُ صِفرًا، فلا يتحرَّكُ الجِسْم.

القُوَى المُتَسامِتة

عندما تَشُدُّ القُوَى في اتّجاهٍ واحد فمُحَصِّلتُها هي مجموعُها. فإذا عَمِلت قاطرتانِ معًا على جَرِّ قِطار في الاتجاه نفسِه، فإنَّ قُوَّتَيهما تتضامّان، وتكونُ المُحصِّلةُ ضِعفَ قوّةِ القاطرة الواحدة.

لمزيد من المعلومات انْظر
القُوَى ص ١١٤
القُوَى في الموائع ص ١٢٨
الطّفْوُ والغَطس ص ١٢٩
المِغْنَطيسيَّة ص ١٥٤
حقائقُ ومَعلومات ص ٤٠٨

القُوَى المُتَوازِنة



إذا سُلِّطتْ قوَّةٌ على جسْمٍ ولم يحدثْ شيءٌ، فهذا يَعني أنَّ القوَّةَ المسَلَّطةَ توازِنُها قوَّةٌ أُخرى. ففي لُعبةِ شَدِّ الحَبْلِ مثلًا، قد يَشُدُّ كُلٌّ من الفريقَين بجهدٍ وقُوَّةٍ بالغَيْن والحَبْلُ باقٍ في موضعه. ذلك لأنَّ قُوى الفَريقَين مُتعادلة؛ فهما يَشُدّانِ في اتجاهَيْن مُتضادَّينِ بقُوًى مُتساوية، بحيثُ يكون الناتجُ الإجماليُّ لِقُوى الفَريقَين مُحَصِّلةً صِفريَّة. فنقولُ إنَّ الحبلَ أو الجِسْمَ في حالة توازُن. وحين تجلسُ أنتَ على كُرسيٍّ، فإنَّكَ تضغطُ عليه إلى أسفلَ بقوَّةٍ تُعادلُ وَزْنَكَ. وإذا لم يتقوَّض الكرسيّ، فذلك لأنَّه يدفعُ إلى أعلى بقُوَّةٍ مساويةٍ لوَزْنك.

إذا انقطع أحدُ حبال الخيمة، يَختلُّ التّوازُن وتنهارُ الخيمة.

شَدُّ الحِبال في الخيمة

عندما تُنصَبُ الخيمةُ بشكلٍ صحيحٍ تُرسيها حِبالُها المَشْدودةُ من مُختلِف جوانِبِها، فلا تتقوّض. فالحِبالُ من كُلِّ جانبٍ في الخيمة تَشُدُّ في اتّجاهٍ مُضادٍّ لِشَدِّ حِبال الجانب الآخر، فتتوازَنُ شَدّاداتُ الخيمةِ من كافةِ الجوانب وتُرسيها.

إذا كانت ثلاثُ قُوًى في حالة توازُن، فإنَّ رسْمَها بقياسٍ نِسبيٍّ يؤلِّفُ مُثلَّثًا – تُمثِّلُ فيه الأضلاعُ مقدارَ واتجاهَ القُوى. وتكون جميعُ هذه الاتجاهات مُوحدةً في اتجاه عقاربِ الساعة أو عكسِه.

جِسْرٌ عَتَبيّ

جِسْرٌ قَنْطَريّ

جِسْرٌ مُعلَّق

الوَزْنُ الشادُّ إلى أسفل تُواجِهُه قُوى رَفْعٍ إلى أعلى.

بِناءُ الجُسور

تُبْنَى الجُسُورُ بمواصفاتٍ مُحدَّدة لِتستطيعَ حَمْلَ أوزانِها هيَ وأوزانِ حركة المرورِ الكثيف عَبْرَها دون أن تنهار. فلا بُدَّ أن تُوازِنَ قُوى الشدِّ المُتوقَّعة إلى أسفلَ بِقُوى الدفع إلى أعلى. أبْسَطُ أنواعِ الجُسُورِ هو الجِسْرُ العَتَبيّ (الأُفقيّ العَوارِض) المُدعَّمُ بِبُرجٍ من كلِّ طَرَف. أمّا في الجِسْر المُعلَّقِ فيُدعَّمُ الوزنُ بِقُوى رفعٍ من الكَبْلات فوقه كما مِنَ الأبراجِ تحته. وفي الجِسْرِ القَنْطَريّ، تَنْقُلُ إنشاءاتُ القنطرةِ المقوَّسةُ الوَزْنَ إلى الدعائمِ في طرفَيه.

المُثلَّثُ هو الأمتن

الشَّكلُ المُثلَّثيُّ هو الأمتنُ كوَحدة بناء، فهو فريدٌ في مقاومته للانفتال أو اللّيّ والانهيارِ تحت الضغط. لِذا يُصمَّمُ الكثيرُ من المباني والجُسُور على أساس أشكال مُثلَّثيّة. إنَّ القطاعاتِ المثلثيَّةَ في القُبَّة الرّاداريّة أعلاه، تسمحُ بِبنائها من الزُّجاج اللِّيفي، الذي هو، بخلافِ الخَرَسانة، شفّافٌ للأمواج اللاسلكيّة.



القُوَى في الأبنية

يُصَمِّمُ مُهَندِسو العَمارةِ الأبنيةَ بحيثُ تكونُ القُوى المؤثِّرةُ على جُدرانها وأساساتِها مُتوازِنةً، وإلّا تعرَّضَتْ للانهيار. ويُلاحظ أنَّ الجُدرانَ الخارجيَّةَ لِكثيرٍ من كاتدرائيّاتِ العُصور الوُسطى مستَنَدَةٌ بِدَعائمَ زافرةٍ تنتصبُ عاليًا من الأرض لِمؤازرةِ تلك الجُدرانِ في حَمْلِ وزنِ السقفِ الهائل. وفي الصورةِ المرفقة بعضُ أكثرِ هذه الدعائم تعقيدًا في كاتدرائيّة لُمان، بفرنسا!

حَمْلُ الحِمْل

كَيْ يتمكَّنَ الفيلُ من حَمْلِ جِذعِ الشجرة ينبغي أنْ يرفَعَه شاقوليًا بقوةٍ شَدٍّ إلى أعلى تزيدُ قليلًا على وزنِ الجذعِ أي القوّة التي تشُدُّه سفلًا. فالقُوتانِ المُتضادتان تتعادلانِ إذا كانتا متساويتَينِ ومُتسامتتَيْن.

لمزيد من المعلومات انْظُر

تصميمُ المواد ص ١١١
القُوى ص ١١٤
القُوَى والحَرَكة ص ١٢٠
الجاذبيَّة ص ١٢٢
قُوَى الدَّوران والتدوير ص ١٢٤
الرّاديُو ص ١٦٤

السُّرْعَة

عِندما نقولُ إنَّ سيَّارةً تسيرُ بسُرعةِ ٥٠ كم في الساعة فذلكَ يَعني أنَّ السيَّارةَ تستغرقُ ساعةً من الوقت لِتقطعَ مسافةَ ٥٠ كم. وهذا صحيحٌ فقط إذا كانت السيَّارةُ تسيرُ بسُرعةٍ ثابتة - أي بالسُّرعةِ نفسِها دونَ تَغْيير. لكن السيَّارةَ في رحلةٍ حَقيقيَّة تُبطئُ أحيانًا، وتُسْرِعُ أحيانًا أُخرى؛ لِذا فمِنَ المُفيدِ احتِسابُ مُعَدَّلِ السُّرعة. فإذا قَطعت السيَّارةُ ٢٠٠كم في ساعتَين، عِندئذٍ يكونُ مُعَدَّلُ سُرعتها ١٠٠كم في السَّاعة - أي المسافةَ المقطوعةَ مقسومةً على الزمن. السُّرعةُ، عِلميًّا، لا اتِّجاهَ مُحدَّدًا لها، لِذا فهي كمِّيَّةٌ لامُوَجَّهة. أمَّا السُّرعةُ في اتِّجاهٍ مُحدَّد، فتُعرفُ بالسُّرعة الاتِّجاهيَّة وهي كمِّيَّةٌ مُوَجَّهة.

السُّرعةُ النِّسْبيَّة

السُّرعةُ النِّسْبيَّةُ لِجِسْمَين مُتحرِّكَين هي السُّرعةُ التي يَبدو أنَّ أحدَهما يتحرَّكُ فيها عندما يُرصَدُ من الجِسْم الآخر. فالسُّرعةُ النسبيَّةُ لِسيَّارتَين منطلقتَين بالسُّرعة نفسِها في الاتِّجاه نفسِه تُساوي صفرًا.

عَدّادُ السُّرعة

يُبيِّنُ عَدّادُ السُّرعة في السيَّارة السُّرعةَ الآنيَّة - أي السُّرعة التي تسيرُ بها السيَّارةُ في تلك اللحظة. ويُدارُ عدَّادُ السُّرعة بواسطةِ كَبْلٍ مُتَّصِلٍ بعَمُود إدارةِ الدواليب.

النابضُ يُرجِعُ المُؤشِّرَ عندما تتباطأُ السيَّارة

يدورُ الكَبْلُ مع عمود إدارةِ الدواليب بنفسِ سُرعة السيَّارةِ على الطريق

المُؤشِّر

مِغْنطيسٌ يدورُ مع الكَبْل.

قُرصٌ مُدرَّج

حُقٌّ قدَحيٌّ يُديرُه المغنطيسُ ببُطءٍ يَبْرُمُ المؤشِّرَ.

سُرعاتٌ مُختلِفة

يَسْري الضَّوءُ بسُرعة ٣٠٠ ألف كم في الثانية، ويَسيرُ الكسلانُ، وهو مِن حيواناتِ أمريكا الاستوائيَّة، بسُرعةٍ لا تتجاوزُ ١٢٠ مترًا في الساعة حتى إنَّه لمن الصعبِ أنْ تَراهُ وهو يتحرَّكُ فِعلًا. وللمقارنةِ إليكَ السُّرعاتُ المختلفةُ لِبعضِ الأشياء:

طائرة نفّاثة - ٣٥٢٩كم/سا

أسْرعُ القطاراتِ السريعة - ٥١٥كم/سا

سيارةُ السباق ثُرَسْت ٢ - حامِلةُ الرَّقمِ القياسيِّ لِلسُّرعة الأرضيَّة - ١٠١٩كم/سا

طائرٌ ينطلقُ أُفقيًّا - ٩٠كم/سا

زَوْرَقُ سباقٍ آليّ - ١٦٦كم/سا

سيّارةُ رياضة - ٢٢٥كم/سا

فَهْد - ٩٦كم/سا



إنْسان - ٣٦كم/سا

أرْنَب - ٤٠كم/سا

حَلَزون - ٠٫٠٠٥كم/سا

توقيتُ الإنهاء

في نِهايةِ السِّباق، يمُرُّ الرياضيّون أمامَ مُصوِّرةٍ فوتوغرافيَّةٍ تَلتقطُ صُوَرَهم، طوالَ فترةِ الوصول، مُوَقَّتةٍ بساعةٍ حاسوبيَّةٍ مَضبوطةٍ لجُزءٍ من ألفٍ من الثانية. وبعدَ التظهير، تُبيِّنُ الصُّورةُ الفائزَ في السباق والوقتَ الذي سَجَّلَه.



النظريَّة النِّسْبيَّة

عام ١٩٠٥، نَشَرَ أينشتين نظريَّتَه النسبيَّة، التي تنظُرُ بأنَّ مُرورَ الزمنِ يَبدو بطيئًا على جِسْمٍ يَسيرُ بسُرعةٍ تقاربُ سُرعةَ الضَّوء. وأنْ لا شيءَ في الكَوْنِ يستطيعُ السيرَ أسرعَ من الضَّوء. فالساعةُ في قطارٍ ينطلقُ بسُرعةٍ تقاربُ سُرعةَ الضوء، تبدو بطيئةَ الحركة لِشخصٍ خارجَه. وقد اكتشفَ أينشتينُ أيضًا أنَّ المادَّةَ يمكِنُ أن تُحوَّلَ إلى طاقة؛ وهذا بالفعلِ هو مصدرُ الطاقة في انفجارٍ ذرّيٍّ أو في مُفاعلٍ نَوَويّ.

ألْبرت أينشتين

ألْبرت أينشتين (١٨٧٩-١٩٥٥) أحدُ أعْظمِ العُلماء على مَرِّ العُصُور وُلِدَ في ألمانيا، وهو صاحبُ نظريَّةِ النسبيَّةِ المشهورة. أصبحَ أستاذًا لِلفيزياء في جامعة برلين، ونالَ جائزةَ نُوبل لِلفيزياء عام ١٩٢١. تَرَكَ أينشتين ألمانيا واستقرَّ في الولايات المتحدة الأمريكيَّة. وتُعتبرُ نظريَّتاهُ في النسبيَّةِ الخاصَّةِ والعامَّةِ أساسَ أفكارِنا عن الكَوْن.

لمزيد من المعلومات انظُر

جَمْعُ القُوَى ومُحَصِّلاتُها ص ١١٦

التَّسارُع ص ١١٩

الطّاقةُ النوويَّة ص ١٣٦

الضَّوء ص ١٩٠

التَّصويرُ الفوتوغرافيّ ص ٢٠٦

دَورةُ حياةِ النُّجوم ص ٢٨٠

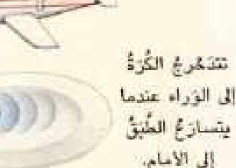
الحَرَكة ص ٣٥٦

التَّسَارُع

عندما تَتزايدُ سُرعةُ السيَّارة، يُقالُ إنَّها تَتسارَع. وإذا كُنْتَ مُسافِرًا في سيَّارةٍ وتسارعت فجأةً فإنَّكَ ترتدُّ في مقعدِك إلى الوَراء. تتسارعُ السيَّارةُ عندما يضغَطُ السَّائقُ دَوَّاسةَ المُعَجِّل بقَدمه؛ وبازدِيادِ ضَغطِه، يزدادُ تسارُعُها. التَّسارُعُ قياسٌ لمقدارِ تزايُدِ السُّرعة، فإذا تناقَصت السُّرعةُ يكونُ التَّسارُع سَلْبيًّا، ويُعرفُ عندئذٍ بالتقاصُر. ويحدثُ التَّسارُع وَالتقاصُر عندما تُسَلَّطُ قوَّةٌ غير مُوازَنةٍ على جِسْمٍ متحرِّكٍ في اتِّجاه مَساره.



تتدحرجُ الكُرةُ إلى الوَراء عندما يتسارَعُ الطَّبقُ إلى الأمام.





تتدحرجُ الكُرةُ إلى الأمام عندما يتسارَعُ الطَّبقُ إلى الوراء.

تطبيقاتٌ على التَّسارُع

يُساعِدُ جهازُ الطيران الأوتوماتي قادةَ الطائرات الحديثةِ في قيادة طائراتِهم. ويَضُمُّ هذا الجهازُ مِقياسَ تسارُعٍ يتحسَّسُ التغييرَ الحاصلَ في سُرعة الطائرة - عَمُوديًّا أو أُفقيًّا. فإذا تسارعَت الطائرةُ في اتِّجاهٍ مَّا، يتحرَّكُ جُزءٌ من مِقياس التسارُع في الاتجاه المُضادّ - إلى حدٍّ مَا كَكُرةٍ في طَبق - فيكشِفُ حاسوبٌ هذا التحرُّكَ ويُعيدُ الطائرةَ إلى مَسارها المحدَّد.

تبلغُ السُّرعةُ النِّهائيّةَ للغطّاس الجوِّيّ الساقِطِ في وَضْعٍ مُستوٍ قُرابةَ ١٩٠كم/سا.

السُّرعةُ النِّهائيّة

كُلُّ جِسْمٍ ساقِط، كالغطّاسِ الجوِّيّ، يتسارَعُ أثناءَ السُّقوط لأنَّ جاذبيّةَ الأرض تُسرِّعُ كافةَ الأجسام الساقطة بحُرِّيَّةٍ بمُعَدَّلٍ ثابت مقدارُه ٩,٨م في الثانية في الثانية. (أي تزدادُ سُرعةُ الجِسْم الساقط ٩,٨م في الثانية كُلَّ ثانية). لكنَّ الجِسْمَ لا يمكنُه السقوطُ فِعلًا بحُرِّيَّة، لأنَّ الاحتِكاكَ بينَه وبين الهواء (أي مُقاومةَ الهواء) يؤثِّر ضدَّ الجاذبيّة. وتزدادُ مُقاومةُ الهواء كُلَّما ازدادت سُرعةُ الجِسْم الساقِط. وعندما تُعادِلُ مقاومةُ الهواء قوَّةَ الجاذبيّة، يتوقَّفُ تسارُعُ الجِسْم فيتابِعُ سقوطَهُ بسُرعةٍ مُطَّرِدة، تُدعى السُّرعة النِّهائيّة.

تزيدُ المِظَلَّةُ المفتوحةُ مُقاومةَ الهواء فتُعادِلُ الجاذبيّةَ على سُرعةٍ أبطأَ بكثير.

سِباقاتُ التَّسارُع

يُحسَبُ التَّسارُعُ بقِسْمةِ تزايُدِ السُّرعة على الوقت اللّازم لِبُلوغِ تلك السُّرعة. ويُقاسُ بوَحَداتٍ مُعيَّنةٍ كالكيلومتر في الساعة في الثانية مثلًا. ففي سِباق التسارُع مثلًا، قد تتسارَعُ السيّارةُ من صِفرٍ إلى ٤٧٦كم/سا في ٤,٨٨ ثانية (أي ٩٧,٥كم/سا في الثانية). وعلى السّائق استخدامُ مِظَلَّةِ تقاصُرٍ لِيُوقِفَ السيارةَ قبل نِهاية المِضمار.

السُّرعة ٤٨كم/سا: ٩م – ١٤م – ٢٣م

السُّرعة ٨٠كم/سا: ١٥م – ٣٨م – ٥٣م

السُّرعة ١١٨كم/سا: ٢١م – ٧٥م – ٩٦م

مَدى مسافة التفكير — مدى مسافة الكَبْح — مُجمَلُ مدى مسافة التوَقُّف

مَدَى مَسافات التوَقُّف

مِن ضمانات السَّلامةِ في السيّارات قُدرتُها دَومًا على التَّسارُع أو التقاصُرِ بسُرعة. والمكابِحُ الجيِّدةُ ضروريّةٌ بنوعٍ خاصّ، لأنَّه بازدِيادِ سُرعةِ السيّارة، وزِيادةِ حُمولتِها، تزدادُ صُعُوبةُ إيقافِها. وتُبيِّنُ أعلاه مسافاتِ التوقُّف الدُّنيا لِسيّارةٍ متوسِّطة في حالةِ توقُّفٍ طارئ - عِلمًا أنَّ مسافةَ التفكير هي المسافةُ التي تقطعُها السيّارةُ قبلَ أن يعمدَ مُنعَكَسُ السّائق فِعلًا إلى إعْمال المِكْبَح، ومَسافةَ الكَبْح هي المسافةُ التي تقطعُها السيّارةُ بعد إعْمال المِكْبَح. ونَلحَظُ أنَّ مسافةَ التوقُّفِ الدُّنيا لِلسيّارة المنطلقةِ بسُرعة ١١٨كم/سا أطولُ مِن مَلْعَبِ كُرَةِ القَدَم!

ترتدُّ الكُرةُ المُتنطِّطةُ إلى عُلُوٍّ أخفض مَرّةً بعد الأخرى لأنّها تخسرُ الطاقةَ تدريجيًّا.

في أعلى نُقطةِ الارتِداد تكونُ سرعةُ الكُرة صِفرًا.

تتنطَّطُ الكُرةُ من اليسار إلى اليمين.

الكُرَةُ المُتَنطِّطة

تَتسارَعُ الكُرَةُ المُتنطِّطة سُقوطًا وتتقاصَرُ صُعُودًا. فأثناءَ سُقوطِها تقطعُ مسافةً أكثرَ كُلَّ عُشْرٍ من الثانية؛ وأثناءَ صُعُودِها تقطعُ مسافةً أقلَّ كُلَّ عُشْرٍ من الثانية. وفي العُلُوِّ الأقصى لِكُلِّ ارتِداد، تبلغُ الكُرةُ حالةَ السُّكون لِلَحظةٍ من الزمن.

لمزيد من المعلومات انْظُر

السُّرعة ص ١١٨
الاحتِكاك ص ١٢١
الجاذبيّة ص ١٢٢
قِياسُ القُوى ص ١٢٣
الشُّغْلُ والطّاقة ص ١٣٢
الصَّواريخ ص ٢٩٩

القُوَى والحرَكة

الجِسْمُ المتحرِّكُ يبقى مُتحرِّكًا ما لم تعملْ قوّةٌ على إيقافِه؛ والمركباتُ الفضائيّة تؤكّدُ ذلك. فهيَ تمخُرُ الفضاءَ إلى الأبد بسُرعةٍ ثابتة حتّى تؤثّر قوّةٌ فيها. وقد استغرقَ توصُّلُ البشرِ إلى هذا المفهوم قُرابةَ ألفَي سنة. فقد اعتقدَ المفكرُ الإغريقيُّ، أرسطو أنَّ الجِسْمَ يتحرَّكُ فقط إذا دفعَتْه أو جرَّتْهُ قوّةٌ؛ وهو يتوقّفُ عن الحركةِ عند إزالة تلكَ القوّة. لكن هذا لم يُفسِّرْ سببَ متابعةِ الكُرة المقذوفةِ مسارَها في الهواء بعدَ انطلاقِها من يَدِ الرامي. وفي القرْن السَّادِسَ عَشَر، تقدَّمَ العالِمُ الإيطاليُّ، غاليليو، بنظريّةٍ أفضل، تقولُ بعدمِ حاجةِ الجِسْم المُتحرِّكِ إلى قوّةٍ كي يستمِرَّ في حَركته - إنَّما القُوَّةُ ضَروريّةٌ فقط لِبدءِ تحرُّكِ الجِسْم أو وَقْفه أو تسريعِه. وفي العام ١٦٨٧، اعتمدَ العالِمُ البريطانيُّ، إسحق نيوتن، على أفكارِ غاليليو وتجاربه في وَضع قوانينِ الحركةِ الثلاثة المَعروفة باسْمه.

في الهَواء

إذا رَمَيتَ كُرَةً بقُوّةٍ، فإنّها في الوقتِ نفسه تسيرُ فِعلًا في اتّجاهَين: إلى الأمام بسُرعةٍ ثابتة نوعًا، وإلى أسفل بسببِ الجاذبيّة الأرضيّة. والمسارُ الذي تتّخذُه الكرةُ هو حصيلةُ الحركتَين.

القُصورُ الذّاتيّ (العَطالة)



يدفعُ فريقُ التزلُّج زلّاجته بشِدّةٍ لِبدءِ تحرُّكِها، ثُمّ يُتابعُ الدّفعَ لتتزايدَ سُرعتُها. إنَّ نزْعة الزّلّاجة لمقاومة وَضْعِها السكونيّ أو الحركيّ تُدعى العَطالة أو القُصور الذاتيّ. والأجسامُ جميعُها ذاتُ قصورٍ ذاتيّ يزدادُ بزيادة كُتلِها.

القُوّةُ التي تدفعُ الضفدعَ صُعدًا في الهواء تُرافِقُها قوّةُ رَدّ فِعلٍ مساويةٌ ومُضادّة تدفع ورقة النيلوفر (زنبق الماء) نُزولًا.

تَبْذُلُ عضَلاتُ ساقَي الضفدع قوّةً تدفعُه في الهواء.

يبقى الضفدعُ ساكنًا ما لم تؤثّر فيه قوّةٌ غيرُ مُوازنة.

قانونُ نيوتن الأوّل

الضّفدعُ القافزُ من ورقةِ النّيلوفر الطافية يُوضّحُ عمليًّا قوانينَ الحركة لنيوتن. القانونُ الأوّل ينصُّ على أنَّ الجِسْمَ يظلُّ في حالة سكونٍ أو حركة مُنتظمةٍ في خطٍّ مُستقيم، ما لم تؤثّر فيه قوّةٌ تُغيّرُ وَضْعَه.

قانونُ نيوتن الثاني

يُنصُّ قانونُ نيوتن الثاني على أنّه إذا سُلّطت قوّةٌ على جِسْم فإنَّ الجِسْمَ قد يبدأُ بالتحرُّك أو يتسارعُ أو يتقاصَرُ (يتباطأ) أو يغيّرُ اتّجاهه، ويتناسبُ تغيُّرُ كمّيّةِ الحركة مع القُوّة ويتّخذُ اتّجاهَها.

قانونُ نيوتن الثالث

يَنُصُّ قانونُ نيوتن الثالث على أنَّ لِكُلِّ فِعلٍ ردَّ فِعلٍ مُساوٍ له في المِقْدار ومُضادّ له في الاتّجاه. فأنت حين تدفعُ أو تجُرُّ جِسْمًا ما، فالجِسْمُ بدوره يدفعُك أو يجرُّكَ بالمِقْدار نفسِه.

كمّيّةُ التّحرُّك

لِكُلِّ جِسْمٍ مُتحرِّكٍ كمّيّةُ تحرُّكٍ ثابتةٌ يظلُّ مُحتفظًا بها ما لم تؤثّر فيه قوّة. فلِكَي تلتقطَ كُرةً مُتّجهةً نحوكَ، عليكَ أن تبذُلَ قوّةً تُضادُّ كمّيّةَ تحرُّكِها وتُوقفُها. لكنَّ الكُرة عندَ ارْتطامِها بيدِك، تبذُلُ بدورِها قوّةً تُغيّرُ كمّيّةَ تحرُّكِ يَدِك. وكمّيّةُ التحرُّك التي تكسبُها يَدُكَ تُساوي كمّيّةَ التحرُّك التي تخسَرُها الكُرة. وتزدادُ كمّيّةُ التحرُّكِ بازدياد كُتلةِ الجِسْم وسُرعتِه.

الطريقة الفُضْلى لالتِقاط الكُرة هي أن ترتدّ معها رُجوعًا بحيثُ يدُومُ الارتطامُ فترةً أطولَ فتقِلُّ القُوّة.

إسحق نيوتن

إسحق نيوتن (١٦٤٢-١٧٢٧)، أحدُ أعظم العُلَماء على مَرّ العُصُور، وُلِدَ في لينكُلْنشاير، بإنكلترا. وقد أُرسِلَ إلى جامعة كيمبردج عام ١٦٦١؛ لكنّه، حينَ ضَربَ الطاعونُ مدينةَ كيمبردج، خِلال العامَيْن ١٦٦٥-١٦٦٦، عادَ إلى مَسقط رأسِه حيثُ حقّقَ أهمَّ اكتشافاته، فصاغَ قوانينَ الحركة المَعروفةَ باسمه، واخترعَ حسابَ التّكامُل والتّفاضُل لكي يُعَبِّرَ عنها. كما إنّه (في قانون الجاذبيّة العام) شرحَ كيفَ أنَّ الجاذبيّةَ تُبقي الكواكبَ في مداراتها حَوْلَ الشّمْس. وقد كُرِّمَ نيوتن بالدفنِ مع المَشاهير في دَيْر وِستمِنْستر بِلَندن.

لمزيد من المعلومات انْظُر

القُوَى ص ١١٤
التّسارُع ص ١١٩
الجاذبيّة ص ١٢٢
المُحَرّكات ص ١٤٣
المُشتري ص ٢٩٠
النّظامُ الشّمسيّ ص ٢٨٣
البَرْمائيّات ص ٣٢٨



الاحتِكاك

مِنَ الصَّعبِ أنْ تجرَّ حِمْلًا ثقيلًا فوقَ سطحٍ خَشِنٍ؛ لأنَّ قوَّةَ الاحتِكاك بين السَّطحَين تقاوِمُ ذلك. السَّطحانِ الأملسان تمامًا لا يحدثُ بينهما احتكاك، لكنَّ هذا لا يوجَدُ في الواقِع. فالاحتكاكُ يحصلُ بين أيِّ سَطحَين ينزلِقُ واحدُهما على الآخر لأنَّ القطعَ الخشنة في سَطحَيهما، مهما كانت دقيقةً، تعلقُ فيما بينها. وتَزدادُ قوَّةُ الاحتِكاك كلما ازدادت خشونةُ السطحَين. الاحتكاكُ يجعلُ جَرَّ الأثقال الكبيرة صعبًا. ويُسَبِّبُ الاحتكاكُ المتواصلُ الحَتَّ حَتَّى في المعادِنِ والفِلِزَّات. ولكنَّ لِلاحتِكاك فوائدُه أيضًا، فبدونِه يستمِرُّ كُلُّ شيءٍ بالانزِلاق إلى ما لانِهاية؛ ولن تستطيعَ أيدينا قبضَ الأشياءِ ولَن نتمكَّنَ من المَشْي إذ سَننزَلِقُ كالمتزلِّجين عندَ أوَّلِ خُطوةٍ نقومُ بها.

مُقاومةُ الهواء

عندما يندفعُ جِسْمٌ عَبْرَ الهواء، ترتطِمُ به جُزَيئاتُ الهواء مُحْدِثةً احتكاكًا نُسمِّيه مُقاومةَ الهواء. وهذه المقاومةُ تتعاظمُ بازدياد سُرعةِ الجِسْم. الأشياءُ تَسْخُنُ بالاحتِكاك، كما يَحدُثُ لِلشُّهب والنيازِكِ التي تحترقُ أو تتفكَّكُ عَبْرَ جَوِّ الأرض بشِدَّة الاحتِكاك.

يَنحني راكِبُ الدرَّاجة بجسمِه إلى الأمامِ مُتَّخِذًا شكلًا انسيابيًّا مَمْشوقًا لتقليلِ مُقاومةِ الهواء.

الخُوذَةُ انسيابيَّةُ الشكلِ قَدْرَ الإمكان.

تضغطُ لَبِنَتا (لُقْمتا) المَكْبَحِ على جِتّارِ الدولابِ فتُبطِئُ حركتَه بالاحتِكاك.

مِقْبَضا المِقوَدِ مُغَطَّيان بمادَّةٍ خَشِنةٍ لزيادةِ الاحتِكاك وتشديدِ قبضةِ يَدَي الرّاكبِ عليهِما.

يَثْبُتُ إطارا الدولابَين بالطريق بفَضْلِ الاحتِكاك؛ كما يسمَحُ شَقُّ تحزيزِ مداسَيهما للماءِ بالإفلاتِ من تحتهما، فلا يَنزلِقانِ بتواجُدِ ماءٍ على الطريق يخفِّفُ الاحتِكاك.

الاحتِكاكُ في كُلِّ مَكان

تؤثِّرُ قُوى الاحتِكاك في عِدَّةِ أماكِنَ في الدرّاجة. فالاحتِكاكُ في بَعضِ الأجزاءِ كلَبِنَاتِ المِكْبَحِ وجِتّارَي الدولابَينِ مُهِمٌّ وضروريٌّ. بينما في أجزاءٍ أُخرى كالمُسَنَّنات، فيُهِمُّنا أنْ يكونَ الاحتِكاكُ في حدودِه الدُّنيا.

يَسري الزَّيتُ إلى داخِلِ «نُقَرِ» السُّطوحِ الخَشِنة.

شُطوحُ الدَّواستَينِ الخَشِنةُ والشديدةُ الاحتِكاكِ تمنعُ قَدَمَي الدرّاجِ من الانزلاق.

تُزيَّتُ المُسَنَّناتُ والسِّلسِلةُ لتقليلِ الاحتِكاك.

تقليلُ الاحتِكاك

يُسَبِّبُ الاحتِكاكُ تآكُلَ أجزاءِ المَكِنات بالحَتّ، لكنَّه يُخَفَّضُ كثيرًا باستخدامِ مَحامِلِ كُرَيّاتٍ مُزَلَّقة أو مُغطاةٍ بالزَّيت. وتتميَّزُ مَحامِلُ الكُرَيّاتِ بأنَّها تتدحرجُ بعضُها على بعضٍ بدَلَ السَّحْبِ أو الجَرّ.

كريستوفَر كُكَريل

المُهندسُ البريطانيُّ، كريستوفر كُكَريل (المولودُ عامَ ١٩١٠) إخترعَ الحَوّامةَ عامَ ١٩٥٥. وكان عِمادُ فكرتِه استخدامَ نوافيرَ تنفُثُ الهواءَ إلى أسفلَ بقوَّةٍ عظيمة ترفعُ المركبَ فوقَ سطحِ الماء أو اليابسِ السَّهل فينسابُ دونَ احتكاكٍ بهِما. وحينَ أنبأَ كُكَريل الحكومةَ البريطانية باختراعِه اهتمَّ المَسؤولونَ بالأمرِ واعتبروه بالغَ السِّرِّيَّة. لكنَّه لاحِقًا، أُعطيَ الإذْنَ بتصنيعِ المركبِ الجديد؛ فكان أنْ أُنزِلَت إلى البحرِ أوَّلُ حَوّامةٍ كبيرة عام ١٩٦٩.

يُضغَطُ الهواءُ ويُنْفَثُ بقوَّةٍ تحتَ الحَوّامة؛ ويَمْنَعُ تسرُّبَه بإزارٍ مَرِنٍ حَوْلَ بَدَنِ المركبة. فتُحمَلُ الحَوّامةُ فوقَ مِخدَّةٍ هوائيّة تقلِّلُ الاحتِكاك بينما تدفَعُها مراوحُ الدَّسرِ إلى الأمام.

الشَّكلُ الانسيابيُّ في الطبيعة

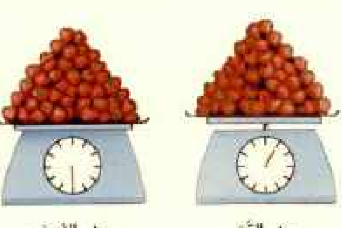
تُعاني الأجسامُ السّاريةُ في الماء الاحتِكاكَ أيضًا، وهو ما يُعرفُ بمُقاومة الماء. فالطائرُ الغاطِسُ لالتِقاطِ سَمكةٍ، يزُمُّ جناحَيه إلى الوَراءِ مُتَّخِذًا شكلًا انسيابيًّا. والمعروفُ أنَّ غالبيَّةَ الأسماكِ ذاتُ أشكالٍ مَشيقةٍ انسيابيَّةٍ تُيَسِّرُ حركتَها في الماء.

لمزيد من المعلومات انْظر

التَّسارُع ص ١١٩
قِياسُ القُوَى ص ١٢٣
المَكِنات ص ١٣٠
المُحرِّكات ص ١٤٣
المُذَنَّبات والنَّيازِك ص ٢٩٥

الجاذِبيَّة

إذا وَقَعَ مِنكَ شَيءٌ فإنَّه يسقُطُ نحوَ الأرض، والقُوَّةُ التي تسبِّبُ ذلك هي جاذبيَّةُ الأرض. والجاذبيَّةُ ليست مَقصورةً على الأرض، فجميعُ الأجسامِ تجذبُ بعضَها جَذبًا مُتبادَلًا. القمرُ له جاذبيَّتُه والشَّمسُ كذلك - وجاذبيَّةُ الشَّمسِ هيَ التي تُبقي الكواكبَ في المدارات حَولَها. قانونُ الجاذبيَّةِ لِنيوتن يَنصُّ على أنَّ قوَّةَ التجاذبِ بينَ جِسمَيْنِ تتناسَبُ طرديًّا مع حاصلِ ضَرْبِ كُتلتَيْهما وعَكسيًّا مع مُربَّعِ المسافةِ بينَ مَركَزَيْهِما.



الكُتلةُ والوَزْنُ

الكُتلةُ والوَزْنُ شيئانِ مُختلفان. فكُتلةُ الجِسمِ هي كمّيَّةُ المادَّةِ الداخِلة في تركيبِه وهي ثابتة، بينما وَزْنُه هو قوَّةُ الجاذبيَّة، على كتلتِه، وهي مُتغيِّرةٌ. فمثلًا وزنُ كومةٍ من الفريز على سَطحِ القَمرِ هو سُدسُ وزنِها على سَطحِ الأرض، لأنَّ جاذبيَّةَ القَمرِ سُدسُ جاذبيَّةِ الأرض.



هذه الفِلّينةُ مُركَّزةٌ على رأسِ إبرة، وهي مُتوازِنةٌ لأنَّ الشوكتَيْنِ الثقيلتَيْنِ المُدلاتَيْنِ دونَها، جعلتا وزنَ كاملِ المجموعة، ومَركزَ الثِّقَل، خَفيضًا أكثرَ إلى أسفل، مُباشرةً تحتَ نُقطةِ الارتكاز.

مَرْكَزُ الثِّقَل

مَركَزُ ثِقَلِ الجِسمِ هو النُّقطةُ التي يَبدو أنَّ تأثيرَ الجاذبيَّة، أو كامِلَ وَزْنِ الجِسم، مُركَّزٌ فيها. ويمكِنُ مُوازنةُ الجِسمِ بتركيزِه مُباشرةً في خطٍّ مُسامِتٍ لمركزِ ثِقَلِه. وتكونُ الموازنةُ الأسهلَ إذا كانَ مركزُ ثِقَلِ الجِسمِ خَفيضًا.



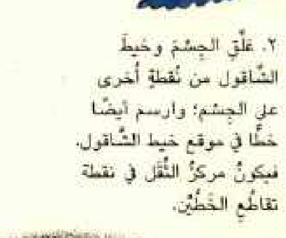
القَفزُ على سَطحِ القَمَر



١. عَلِّقِ الجِسمَ وخيطَ الشّاقول معًا من النقطةِ نفسِها، ارسمْ خطًّا في موقعِ خيطِ الشّاقول.

جاذبيَّةُ القَمَر

جاذبيَّةُ القَمَرِ أقلُّ مِن جاذبيَّةِ الأرض لأنَّهُ أصغرُ بكثيرٍ وكُتلتُه أقلُّ من كُتلةِ الأرض. تسارُعُ الأجسامِ الساقطةِ نُزولًا على القَمَرِ بمُقدارِ سُدْسِ تسارُعِها على الأرض، ويستطيعُ الشخصُ أن يقفِزَ على القَمَرِ سِتَّ مرّاتٍ أعلى ممّا يقفِزُ على الأرض.



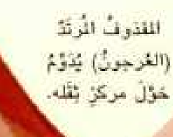
٢. عَلِّقِ الجِسمَ وخيطَ الشّاقول من نُقطةٍ أُخرى على الجِسم؛ وارسم أيضًا خطًّا في موقعِ خيطِ الشّاقول. فيكونُ مركزُ الثِّقَلِ في نقطةِ تقاطُعِ الخَطَّيْن.

تَعيينُ مَرْكَزِ الثِّقَل

تَعيينُ مَركَزِ الثِّقَلِ لجِسمٍ مُسَطَّح، كهذه الطائرةِ الورقيَّة، أمرٌ سَهل. عَلِّقِ الجِسمَ وخيطَ الشّاقول معًا واتركهما يترجّحان بحُرِّيَّة. عندما يَسكُنان، يكونُ مَركَزُ الثِّقَلِ تحتَ نُقطةِ التعليقِ مُباشرةً في نُقطةٍ مّا على خيطِ الشّاقول. كرِّرِ العمليَّةَ بتعليقِ الجِسمِ وخيطِ الشّاقول من نُقطةٍ أُخرى، فيكونُ مَركَزُ الثِّقَلِ حيثُ يتقاطعُ الخَيطان.



القَفزُ على الأرض



المقذوفُ المُرتَدّ (الغُرجونُ) يَدُوِّمُ حَوْلَ مركزِ ثِقَلِه.

المَدُّ والجَزْر (المَدْر)

المَدُّ والجَزْرُ تُسبِّبُهما الجاذبيَّة. فتَنجذبُ مياهُ المحيطِ في جانبِ الأرضِ الأقربِ إلى القَمَرِ بجاذبيَّةِ القَمَرِ مُكوِّنةً المَدّ. أما المَدُّ الحاصِلُ، في الوقتِ نفسِه، على جانبِ الأرضِ الأبعدِ فسبَبُه أنَّ الأرضَ تنجذبُ نحوَ القمرِ أكثرَ من مياهِ المُحيطِ في ذلكَ الجانب. ويُلاحَظُ أن تأثيرَ الشَّمسِ في المَدِّ والجَزْرِ طَفيف. وعندما يتسامَتُ القَمَرُ مع الشَّمسِ في الجانبِ نفسِه من الأرض تتَّحدُ جاذبيَّتُهما معًا فيحدثُ مَدٌّ تامّ.

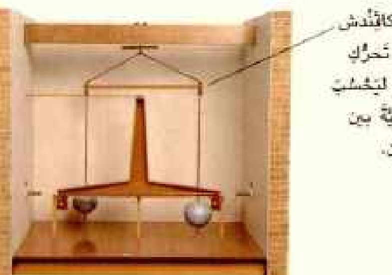
المقذوفُ المُرتَدّ (الغُرجون)

يَقَعُ مَركَزُ الثِّقَلِ في بعضِ الأجسام، كالمقذوفِ الغُرجونيِّ خارجَ الجِسم. وبِسَبَبِ شَكلِه، لا يُمكِنُ موازنةُ الغُرجونِ بتركيزِه على أيِّ نقطةٍ مُفردةٍ في جانبِه المُسَطَّح. لكن، على حَرْفِه، يُمكِنُ موازَنتُه إذا رُكِّزَ في نُقطةٍ مُنفرِجه.

لمزيد من المعلومات انْظُر
قِياسُ القُوَى ص ١٢٣
قُوَى الدَّورانِ والتدويرِ ص ١٢٤
الحَرَكةُ الدائريَّة ص ١٢٥
الأمواجُ والمَدْرُ والتيّارات ص ٢٣٥
النِّظامُ الشَّمسِيّ ص ٢٨٣
الصواريخ ص ٢٩٩

قِياسُ القُوَى

غالِبًا ما يُعَبِّرُ العُلماءُ عن مِقْدار القُوَّةِ بوَحْدَةِ النيوتُن (المُسَمّاة تكريمًا لِلسِّير إسحق نيوتُن)، عِلمًا أنَّ كتلةَ الكيلوغرام على سطحِ الأرض تزِنُ حَوالى ١٠ نُيوتُن - أو على الأصح ٩٫٨ نُيوتُن. ويُسْتَخدمُ الميزانُ الزُّنْبُركيّ عادةً في قِياسِ القوَّة اعتمادًا على مُرونة نابضِه، وتَطبيقًا لِقانون هوك (باسم العالِم الإنكليزيّ روبرت هوك) الذي يَنُصُّ على أنَّ كمّيَّةَ امتِطاط الجِسْم المَرِن تتناسَبُ طرديًّا مع القوَّة المُسَلَّطةِ عليه ضِمنَ حَدِّ المُرونة. وما لم تتجاوَزْ قُوَّةُ المَطّ هذا الحدَّ فإنَّ النابضَ يعودُ إلى طُوله الأصليّ بعدَ زَوالها.



قاس كافِنْدش مِقْدارَ تَحرُّكِ العاتِق لِيَحْسُبَ الجاذبيّةَ بين الكُرَتَيْن.

وَزْنُ التُّفاحة أقلُّ مِن نيوتن واحِد بقليل.

قِياسُ الجاذبيَّة

استخدمَ العالِمُ الإنكليزيُّ هنري كافِنْدش (١٧٣١-١٨١٠) الجهازَ المبيَّن أعلاه لِيَحْسُبَ كتلةَ الأرض. فقد علَّقَ كُرَتَيْن مِن الرَّصاص من طَرَفَي عاتِقٍ يَدورُ أُفُقيًّا؛ ثُمَّ عرَّضَهما لجاذبيَّةِ كُرَتَيْن كبيرتَين من الرَّصاص على مَقْرُبةٍ مِنهما. وبتحرُّكِ الكُرَتَيْن الصغيرتَين انجذابًا دارَ العاتِقُ بمقدارٍ مُعيَّن مكَّنَ كافِنْدش من قِياس الجاذبيَّةِ بينَ الكُرَتَين، ومِن ثَمَّ كُتلةِ الأرض.

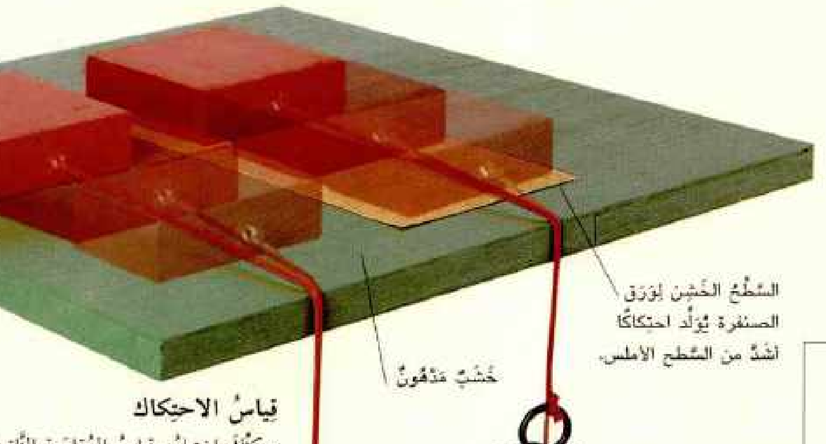
مُقارَنةُ القُوَى

يتطلَّبُ رَفْعُ كُرَة القدم قُوَّةً تبلغُ حوالى ٤ نيوتُن، أما قُوَّةُ رَكْلِها فتبلُغ حوالى ١٠ نيوتن. وللمقارنة، شِدَّةُ وجهَةُ، فإنَّ قوَّةَ المُحرِّكِ النفّاث في طائرة تبلغ ١٠٠٫٠٠٠ نيوتُن. بينما تستخدمُ الحشرةُ الصغيرةُ في قفزِها قُوَّةً تقارِبُ ٠٫٠٠١ نيوتُن.



ميزانٌ نُيوتُنيُّ التدريج

يُمكِنُ إعطاءُ فكرةٍ عن النيوتن كوحدةِ قياسٍ بأنَّه القُوَّةُ اللازمةُ لرَفْعِ تفاحةٍ صغيرة. فالقُوَى التي لا تزيد على ١٠٠ نيوتن، يمكنُ قياسُها باستخدامِ ميزانٍ نيوتُنيِّ التدريج. فامتِطاطُ النابضِ بداخِله يَجُرُّ المُؤَشِّرَ نُزولًا مقابلَ مقياسٍ مُدرَّجٍ يُبيِّنُ مقدارَ القُوَّةِ الماطّة - وهُو هنا وَزْن التفاحة.



السَّطْحُ الخَشِنُ لِوَرَقِ الصنفرة يُوَلِّد احتكاكًا أشدَّ من السَّطح الأملس.

خَشَبٌ مَدْهُونٌ

قِياسُ الاحتِكاك

بمكِنُكَ اختِيارُ وقياسُ المُقاوَمةِ النّاتِجة عن الاحتِكاك في بَيْتِك. ثَقِّل كُتلةً خشبيَّةً بكُتَلٍ حديديَّةٍ واربُط المجموعةَ بخيطٍ واجعلْهُ يتدلَّى فوقَ حافَّةِ طاولة. جِدْ مِقدارَ الوَزْنِ اللازم لِتحريكِ المجموعة فوقَ سُطوحٍ مُختلفة. يعتمدُ الاحتِكاكُ على نوعيَّةِ السُّطوحِ المُتحاكَّة وعلى وَزْنِ الكُتْلةِ المُنزَلِقة. أمّا مِساحاتُ السُّطوحِ المُتماسَّةِ فلا تزيدُ ولا تُنقِصُ مِقدارَ الاحتِكاك.

يتطلَّبُ جَرُّ الكُتلةِ فوقَ وَرَقِ الصنفرة وَزْنًا أكبر



رُوبرت هُوك

مِجْهَرُ هُوك

أشهرُ ما يُذكَرُ به العالِم الإنكليزيّ رُوبرت هُوك (١٦٣٥-١٧٠٢) قانُونه حَوْلَ امتِطاط الأجسام المَرِنَة. لكنَّهُ كان أيضًا صانِعَ آلاتٍ ماهِرًا، فساعدَ في تحسين آلاتٍ علميَّةٍ متعدِّدةٍ كالمِجْهر (الميكروسكوب) والمِقراب (التلسكوب) ومقياس الضغط الجويّ (البارومتر). وقد صمَّمَ منظومةً تلغرافيَّة، وساعةً تعملُ بِنابِضٍ مُتذَبْذِب بَدَل البندول. وفي العام ١٦٦٥، نَشَرَ كتابًا يَحوي رُسومًا لِلحشرات التي عايَنَها تحتَ الميكروسكوب.

لمزيد من المعلومات انْظُر

خصائصُ المادّة ص ٢٢
الاحتِكاك ص ١٢١
الجاذبيَّة ص ١٢٢
الاهتِزازات ص ١٢٦

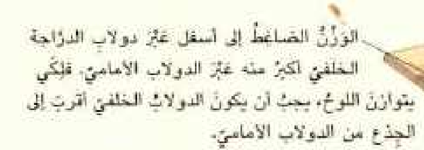
قُوَى الدَّوران والتَّدوير

عندما تُديرُ مِقْوَدَ الدرَّاجة، فإنَّكَ تشُدُّ جانِبًا منه وتَدْفعُ الجانبَ الآخر. وهذا مِثالٌ على القُوَى المُزدوِجة أو قُوَى الإزواج في الدَّوران والتَّدوير. أمّا النُّقطةُ التي يدورُ حولَها الجِسْمُ فتُدعى المُرتكَزَ أو مِحورَ الارْتكاز. ويمكِنُ لِقُوَّةٍ مُفْردة أن تديرَ الجِسْمَ إذا سُلِّطت على بُعدٍ مُعيَّن من مُرتكزٍ ثابت. فأنتَ عندما تفتحُ صفقَ البابِ تُسلِّط قُوَّةً مُفردةً على قَبْضته تجعلُه يَنفتِحُ دائرًا حَوْلَ المُفصَّلة التي هي محورُ ارْتكازه. ويعتَمِدُ تأثيرُ قُوَّةِ التَّدوير على مِقْدارها وعلى بُعد نُقطةِ تأثيرِها عن مِحور الارْتكاز - فكُلّما ازدادَ هذا البُعدُ ازدادَ تأثيرُ قُوَّة التَّدوير.



القُوَّةُ القُصْوى

في بعضِ البُلدان، تُستخدمُ الماشيةُ لِتدوير السَّواني (النواعير). فيُشدُّ الواحِدُ أو الزوجُ منها إلى طرف عمودٍ مُتّصلٍ بالسَّانية - وبِدورانِ المَواشي تُديرُ دولابَ الناعورة. وتكونُ إدارةُ السَّانية أيسَرَ إذا جُعِلَ عمودُ التدوير بالطول الممكنِ الأقصى.



الوَزْنُ الضاغطُ إلى أسفل عَبْرَ دولابِ الدرّاجة الخلفيّ أكبَرُ منه عَبْرَ الدولاب الأماميّ. فلِكَي يتوازنَ اللوحُ، يجبُ أن يكونَ الدولابُ الخلفيّ أقربَ إلى الجِذْع من الدولاب الأماميّ.

المُرتكَز

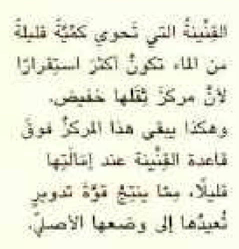
مُوازنَةُ القُوَى

عندما يكونُ الجِسْمُ مُتوازِنًا أو في حالة توازُن، تكونُ قوَّةُ التدوير على أحد جانِبَي المُرتكَز مُعادِلةً لِقوّةِ التدوير على الجانب الآخر. ويَستخدِمُ الدرّاجُ هذه القاعدة، في تدريبِ التوازُن، مُحاوِلًا وَقْفَ تَرجُّحِ اللَّوح على جِذْعِ الشجرة.





القِنِّينةُ الطويلةُ المَلأى تقريبًا بالماء، تكونُ غيرَ مستقِرّة لأنَّ مركزَ ثِقلها عالٍ. وهكذا فلن يَبقى هذا المركزُ فوقَ قاعدة القِنِّينة عند إمالَتِها - ممّا يُنتِجُ قوَّةَ تدويرٍ تقلِبُها.



القِنِّينةُ التي تحوي كمّيّةً قليلةً من الماء تكونُ أكثرَ استقرارًا لأنَّ مركزَ ثِقلها خفيض. وهكذا يبقى هذا المركزُ فوقَ قاعدة القِنِّينة عند إمالتِها قليلًا، مِمّا يُنتِجُ قوَّةَ تدويرٍ تُعيدُها إلى وضعها الأصليّ.

استِقرارُ التوازن

يكون الجِسْمُ في حالةِ توازُنٍ مستقِرٍّ إذا بقِيَ مَرْكزُ ثِقَلِه فوقَ قاعدته عندما يُدفعُ قليلًا؛ لأنَّ الجاذبيّةَ تُعيدُ الجِسْمَ إلى وَضْعِه الأصليّ. أمّا إذا وَقَعَ الجِسْمُ أو انقلبَ بعد دَفْعِه قليلًا، فهو كانَ في حالة توازُنٍ غير مستقِرّ، لأنَّ مركزَ ثِقَلِه ما عادَ فوقَ قاعِدته، فيُوقِعُه شدُّ الجاذبيّة. أمّا إذا بقِيَ الجِسْمُ في وَضْعِه الجديد بَعْدَ دَفْعِه قليلًا فهو في توازُنٍ مُتعادِل.



اختِبارُ المَرْكَبات

تُجعَلُ المركباتُ المرتفعةُ أكثرَ أمانًا إذا وُسِّعَ المدى بين دواليبِها وخُفِّضَ مَوقعُ مُحرِّكاتها. فبذلك يَبقى مركزُ ثِقَل المركبة خفيضًا. هنا يجري اختبارُ مَدَى إمكانيّةِ مَيَلان الباص (الحافلة) قبل أن ينقلِب.

المَوازين

استخدمَ الرُّومانُ قُوَى التَّدوير لِوَزْنِ الأشياء بموازينَ قبّانيّة، ما زالت تُستخدمُ حتى اليوم. ولعلَّكَ وُزِنتَ مرَّةً بميزانٍ قبّانيّ مُطوَّرٍ في عيادة طبيبك. فعندما تقِفُ على القبّان ويُحرِّكُ ثِقْلَ المُوازَنة على طُول الذراع المُدرَّج إلى حيثُ يتوازنُ الذراعُ، تشير قراءةُ التدريج إلى وزنِك.

لمزيد من المعلومات انظر

القُوَى والحَرَكة ص ١٢٠
الجاذبيّة ص ١٢٢
قِياسُ القُوَى ص ١٢٣
المَكِنات ص ١٣٠

الحَرَكةُ الدَّائريَّة

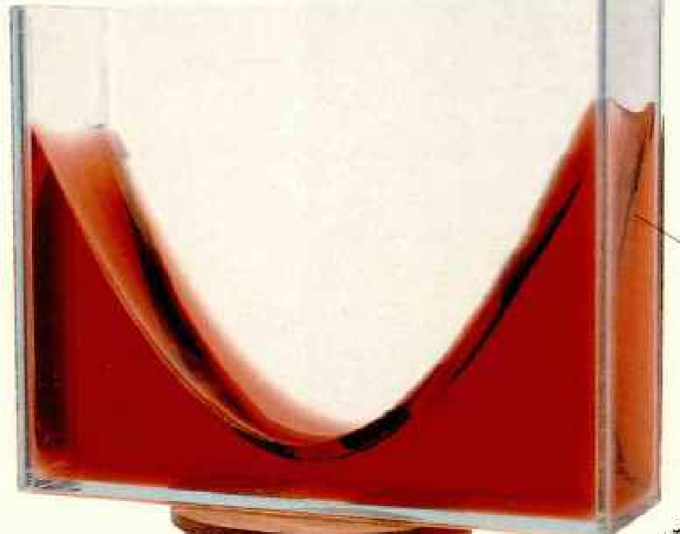


العجَلاتُ (الدواليبُ) والخَذاريفُ، والدُّوّامُ والمَراوحُ، ودُوّاراتُ المَلاهي كُلُّها تدورُ في دَوائر؛ وواقِعُ الحالِ أنّها تُغيِّرُ اتِّجاهَ مَسارِها بشكلٍ مُستمِرّ. فكُلُّ جُزْءٍ من الجِسْم المُدَوَّم يُحاوِلُ السَّيْرَ في خطٍّ مُسْتقيم، لكِنَّ قوَّةً، تُدعى القوَّةَ الجابِذة، تشُدُّه وسِواه من أجزاء الجسم المُدوَّم نحوَ مركزِ الدائرة - مُغَيِّرةً اتِّجاهَ مَسارِه لِيَبقى دائريًّا وليسَ في خطٍّ مُسْتقيم. ولو يُحاوِلُ حيوانٌ مُنطلِقٌ بسُرعةٍ تغييرَ اتجاهِه بلفَّةٍ سَريعة، فإنَّ أقدامَهُ تضغطُ الأرضَ بقُوَّةٍ فترُدُّ الأرضُ بقُوَّة رَدِّ الفِعْل ما يُوَفِّر له قوَّةً جابِذة. أمّا إذا كان الحيوانُ مُنطلقًا بسُرعةٍ على سطحٍ زَلِقٍ كالجليد مثلًا، ولم يستطعْ شَبْثَ الأرض، فلَن تَتَوافَرَ له قوَّةٌ جَبْذٍ، وسيَكونُ من العَسيرِ جدًّا عليه الالتِفافُ لِتَغييرِ وُجْهةِ سَيره.

القُوَّةُ النَّابِذة

تدورُ السَّيّارةُ الدُّمْيَةُ في مدارِها داخلَ حَلْقَةٍ مُقْفَلَةٍ ولا تَسْقُطُ حتى وهي مَقْلُوبةٌ رأسًا على عَقِب. فكأنَّ هنالك قوَّةً، تُدعى أحيانًا القُوَّةَ النابذة، تدفعُها إلى أعلى. هذه القُوَّة هي في الحقيقة عَطالةٌ تحاولُ جعلَ مَسارِ السيّارة يستمِرُّ في خطٍّ مُسْتقيم.







الماءُ مُستوٍ عندما الحوضُ ساكِن.

يرتفعُ الماءُ على الجُدرانِ عندَ تدويمِ الحوضِ بسُرعة.

قاعدةٌ دوّارة تُدَوِّمُ الحوض.

الجيرُوسْكُوبُ المدَوَّم

الأجسامُ المُدَوَّمةُ لها عَطالتُها أو قُصُورُها الذاتيّ كما للأجسامِ السّائرة في خطٍّ مُسْتقيم؛ وهي تقاوِمُ تغييرَ اتّجاهِ مَسارِها. ويضُمُّ الجيرُوسْكُوب دولابًا مُدَوَّمًا يُقاوِمُ الجاذبيّة، إذا كان يدوَّمُ بالسُّرعة الكافية، فيغدو من العَسير جدًّا قلبُ الجيروسْكوب. وتُسْتَخدمُ الجيرُوسْكُوباتُ المُدارةُ كهربائيًّا في الأنظمةِ المِلاحيَّة على الطّائرات والسُّفُن.

المِياهُ المُتَسلِّقة

إذا دُوِّمَ حَوْضٌ فيه ماءٌ بسُرعة، فإنَّ الماءَ يُحاوِلُ الانطلاقَ خارجَ الحَوضِ في خطٍّ مُسْتقيم؛ والقُوَّةُ التي تشُدُّه تُوَفِّرُها جُدرانُ الحوض. وكُلّما ازدادَتْ سُرعةُ تدويمِ الحوض يَزدادُ تحرُّكُ الماء لِلانطلاق نحو الخارج.
وتَستخدِمُ المُجَفِّفةُ الدُّوامية هذه الظاهرةَ لإزالة الماء من الملابس المَغسولة؛ إذْ يندفعُ الماءُ باتِّجاه جُدرانِ الأسطوانةِ المُثَقَّبة مُندفعًا عَبْرَ ثُقُوبها في خطٍّ مُستقيم.

رَمْيُ المِطْرَقَة

يُدَوِّمُ الرّامي المِطرقةَ حولَهُ بالسُّرعةِ القُصوى المُمكنة قبلَ أن يُطلِقَها. إنَّ القُوَّةَ الجابذةَ اللّازمةَ لإبقاءِ المِطرقةِ مُدَوَّمةً في مدارِها هي قوَّةُ الشَّدِّ على السِّلْك. وعندما يُفلِتُ الرّامي المِطرقةَ تَزولُ القُوَّةُ الجابذة، فتنطلِقُ المِطرقةُ مُستمِرَّةً في خطٍّ مُستقيم بفِعْلِ عَطالتِها.

كُلّما ازدادت سُرعةُ تدويمِ الرّامي، يزدادُ بُعْدُ مدى المِطرقة عندما يُفلِتُها.



اِنْعِدامُ الوَزْنِ في المَدار

يبقى مَكُّوكُ الفضاء في مدارٍ مُعَيَّنٍ حَوْلَ الأرض لأنَّ الجاذبيَّةَ الأرضيَّةَ تُوَفِّرُ قوَّةً جابِذة تجعلُه يستمِرُّ في مداره بَدَلَ أن ينفلِتَ مُنطلِقًا في الفضاء. ويتأثَّرُ الرُّوّادُ داخلَ المكُّوك بالجاذبيَّة بالمدى نفسِه، فيشعرونَ بانعِدام الوَزْن لأنّهم في حالِ سُقوطٍ مُستمِرّ لكنَّ انطلاقَهم إلى الأمام بتلك السُّرعةِ الفائقة يَحملُهم «فوقَ الأفق» في مَسارٍ دائريٍّ ثابتِ البُعد عن الأرض.

لمزيد من المعلومات انْظر

القُوَى والحَرَكة ص ١٢٠
الاحتِكاك ص ١٢١
الجاذبيّة ص ١٢٢
الصَّواريخ ٢٩٩

الاهْتِزَازَات

إذا عَلَّقْتَ كُتْلَةً بخيطٍ ودَفَعْتَها إلى جانبٍ فإنَّها تترَجَّحُ جَيْئَةً وذهابًا بانتِظام؛ ويُدعى هذا الارتجاحُ الاهتِزازَ أو الذبذبة. أمَّا عددُ المرَّات التي يتذبذبُ فيها أيُّ جِسْمٍ في ثانيةٍ واحدة فيُدعى التَّردُّد. كُلُّ شيءٍ له تردُّده الطبيعيّ؛ فإذا أُرغم جِسْمٌ على الاهتزاز بتردُّدٍ مُعادلٍ لِتردُّده الطبيعيّ، فقد تتعاظَمُ اهتِزازاتُه إلى درجةِ الخَطَر. ففي العام ١٩٤٠، انهارَ جِسْرٌ مَضيق تاكوما في ولاية واشنطن، بالولايات المتحدة، لأنَّ العواصفَ جعلته يهتزُّ بعُنفٍ تَساوق مع تردُّدِه الطبيعيّ. لكنْ لِلاهتزازات أيضًا استخداماتُها المُفيدة، فالمَثاقِبُ النفحيَّة، العاملةُ بالهواء المضغوط، تَسْتخدِمُ الاهتزازاتِ في تفتيت المَوادّ. والسَّاعاتُ تقيسُ الزمنَ بِعَدِّ الذبذبات المنتظمةِ في آليَّتِها.

السَّعةُ هي مَدى الاهتِزاز أو متّسعُ ذُروته، والفترةُ هي الوقتُ اللّازم لاهتِزازةٍ أو ذبذبة واحدة.

اهتِزازاتُ الزَّلازل

الاهتِزازاتُ التي تُحدِثُها الزَّلازِلُ خَطِرةٌ وهَدّامة. الصورةُ الفوتوغرافيَّةُ المُصنّعة الإخراج أعلاه، تُمثِّل زلزالًا رمزيًّا في مدينة سان فرنسيسكو، بالولايات المتحدة. وتقعُ هذه المدينةُ على مَقربةٍ من صَدْع سان أندرياس الضخم - أحدِ الخُطوط الصَّدعية العُظمى في العالم حيث يُحتَملُ حدوثُ الزلازِل من وقتٍ لآخر.



الرّقاص (البَنْدول)

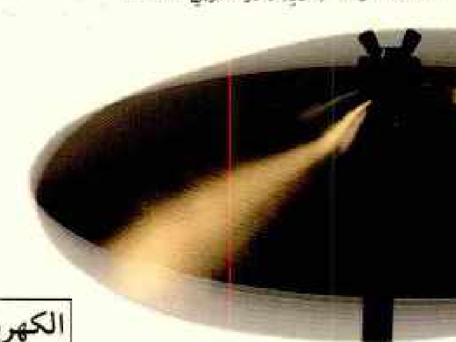
خطرانُ الرقّاص (أو نَوَسانُه) ضَرْبٌ من الاهتِزاز. ويَعْتمِدُ زمنُ الخَطَران (جَيئةً وذَهابًا) على طُول الرقّاص فقط، ولا علاقةَ لِوزن ثِقْله أو سَعَةِ خطَرانِه بذلك - شرطَ أن تكونَ الخطراتُ، أو زاويةُ الخَطَران، صغيرة. وقد ارتأى العالِمُ الإيطاليُّ، غاليليو، إمكانيَّةَ ضبط السّاعات بواسطة الرّقاص. في السّاعات البَندولية، يُديرُ خطرانُ الرّقاصِ دولابًا مُسنَّنًا بِسُرعةٍ منتظمة، وهذا بدورِه يُديرُ عَقربَي السّاعة.

الأمْواج

الاهتِزازاتُ تُسَبِّبُ تَموُّجاتٍ - بعضُها ظاهِرٌ، كأمواج البحر، وبعضُها الآخَرُ تتعذَّرُ رؤيتُه كأمواج الصوت الناتجةِ عن اهتِزاز أو ذبذبةِ شَيء. والأمواجُ قد تكونُ مُسْتَعرِضةً أو طُوليَّة.

أمواجُ الماء

يَمُّ البِرْكة أو مَوجُ البَحر أمواجٌ مُسْتَعرِضة. فمع عُبورِ المَوجة تهتزُّ جُسَيماتُ الماء عموديًّا صُعودًا وهُبوطًا بالنسبةِ لاتِّجاه المَوجة.



أمواجُ الصَّوت

عِندما تهتزُّ آلةٌ موسيقيَّة كالصَّنج مثلًا، تُحدِثُ أمواجًا صوتيَّةً في الهواء. جُسَيماتُ الهواء في المَوجة الصوتيّة تهتزُّ جيئةً وذهابًا في اتجاه مَسار الموجة - وهي أمواجٌ طُوليَّة.

الكهرباءُ الإجهاديَّة



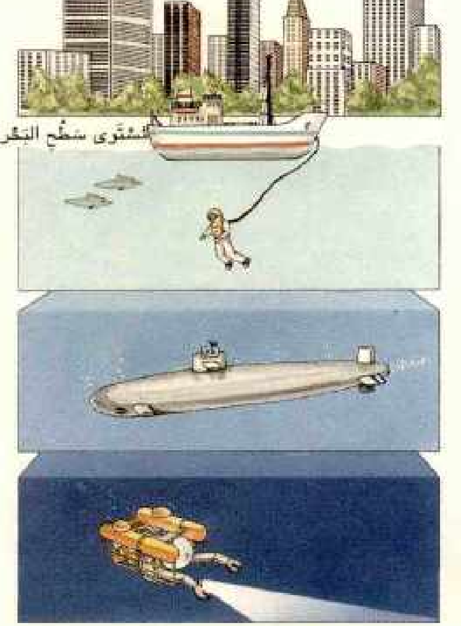
المَرْو (الكوارتز) ذو خاصّةٍ مميَّزة - هي أنَّ شِحْنةً كهربائيَّةً تغيِّرُ حجمَه. وبفضلِ ظاهرةِ الكهرواجْهاديّة هذه يمكن لِتيّارٍ كهربائيٍّ مُناسِب جَعلُ بِلَّورةٍ من الكوارتز تتذبذبُ بتردُّدٍ مُحدَّد. فالتيّارُ الساري من البطاريَّة في ساعة الكوارتز يجعلُ شريحةً صُغريَّةً من بِلّورة كوارتزيّة تتذبذبُ ٣٢،٧٦٨ مَرّةً في الثانية. وتُحيل جذاذةٌ صُغريَّةٌ هذه الذبذبةَ إلى إشارةٍ واحدة في الثانية. وهذه تضبطُ المحرِّكَ الذي يُديرُ العقاربَ أو يُحرِّضُ العَرْضَ الرقميّ.

لمزيد من المعلومات انظر

البِلّورات ص ٣٠
الصَّوت ص ١٧٨
قِياسُ الصَّوت ص ١٨٠
الهَزّاتُ الأرضيّة ص ٢٢٠
الأمواج، والمَدُّ، والتيّارات ص ٢٣٥

الضَّغْط

لماذا خُفُّ الجَمَلِ عَريضٌ مُسَطَّح؟ ولماذا رأسُ الدبُّوس مُرَوَّسٌ حادّ؟ السَّبَبُ هو أنَّ نَشْرَ القوَّةِ على مِساحةٍ كبيرة يُقلِّلُ ضغطَها؛ كذلك فإنَّ تركيزَ القوَّة على مِساحةٍ صغيرة يزيدُ ضغطَها كثيرًا. فالجَمَلُ لا يغوصُ في الرَّمل لأنَّ وزنَه يتوزَّعُ على مِساحةٍ كبيرة؛ لكنَّكَ حينَ تكبِسُ الدبُّوسَ في لَوْحة الإعلانات، فإنَّ طرفَهُ الحادَّ ينغرِزُ في اللوحة بِسُهولة، لأنَّ قوَّةَ إبهامِكَ تركَّزَت في مساحةٍ ضئيلة. يُقاسُ الضغطُ بمقدارِ القوَّة على وَحْدَةِ المِسَاحَة.



ضَغْطُ الهواء على عُلُوّ ٢٠،٠٠٠م أقلُّ من عُشْر ضغطه على مُستوى سطح البحر.

تَطيرُ الطائراتُ على عُلُوٍّ شاهِق حيثُ ضغطُ الهواء أقلُّ من الضغط داخلَ الجِسْم – ممّا يستحيلُ معه استنشاقُ الهواء؛ لذا يُكثَّفُ الضغطُ داخلَ الطائرات.

الهواءُ فوق قِمَم الجبال العالية رقيقُ القِوام، لِذا يتوجَّبُ على المتسلِّقين الاستعانةُ بأجهزة تنفُّس لِتأمين مزيدٍ من الأكسجين. ضغطُ الهواءِ على ارتفاع ٥٠٠٠ متر يعادِلُ نِصفَ ضغطِه تقريبًا على مُستوى سطح البحر.

على مُستوى سَطحِ البحر، ضغطُ الهواء يُساوي كيلوغرام على السنتيمتر المربَّع – تقريبًا وزنَ بقرة فوق طبَقٍ عاديّ.

لا يستطيعُ البَشَرُ الغَطْس أعمقَ من ١٢٠م لأنّ ضغطَ الماء يسحَقُهم.

الغوّاصاتُ تغوصُ عميقًا تحت الماء، فهياكِلُها المتينةُ تحتمِلُ ضَغطًا هائلًا.

على عُمْقِ ١٠،٠٠٠م تحت سَطحِ البحر، ضغطُ الماء يُعادِلُ تقريبًا وزنَ سبعةِ فِيَلةٍ فوق طَبَقٍ صغير!

نَشْرُ الحِمْل

يستطيعُ طائرُ الجاكانا، في أمريكا الجنوبيَّة، المشيَ فوقَ أوراق النيلوفر (زَنبَق الماء) الطَّافِيةِ دونَ أن يغوصَ لأنَّ أباخِسَه (أصابعَ قدمَيْه) ومَخالِبَه تنشُرُ وزنَه فوقَ مِساحةٍ كبيرة.

السَّوخُ والانغِراز

لا تَسُوخ مِرَشَّةُ المياه في التُّربة لأنَّ وزنَها منتشِرٌ على قاعدةٍ واسعة. لكن من السَّهْل انغِرازُ الرَّفش في التُّراب لأنَّ وزنَه وقوَّةَ الدفع مُنْصَبّانِ على حَدِّه الرقيق. والسِّكّينُ الحادُّ يقطعُ بِسُهولةٍ لِلسَّبَب نفسِه – إذ القوَّةُ عليه مركَّزةٌ في مِساحةٍ ضئيلةٍ على طول حدِّه.

تحتَ الضَّغط

الموائعُ، من سوائلَ وغازات، تَبْذُلُ ضَغطًا على الأجسام؛ فالهواءُ يضغطُ علينا؛ ولولا الموائعُ المتواجدةُ في داخلنا، والتي تضغطُ بمقدارٍ مُساوٍ لِضغط الهواءِ الخارجيّ، لَكانَ الضَّغْطُ الجوّيُّ على مُستوى سَطح الأرض يَسْحَقُنا. ويتناقَصُ ضغطُ الهواء كُلَّما ارتفعنا لأنَّ الهواء الضاغِط حينئذٍ يتناقَصُ أيضًا.

إيڤانْجِليستا توريشِللي

يُقاسُ ضَغطُ الهواء بالبارومتر. وكانَ الإيطاليُّ إيڤانجليستا توريشللي (١٦٠٨–١٦٤٧) قد اخترعَ البارومتر الزِّئبقيّ عام ١٦٤٣، حينَ اكتشفَ أنَّ عُلُوَّ الزئبق في أُنبوبٍ مَقْلوبٍ رأسًا على عقِب في طاسٍ من الزئبق، يتغيَّرُ بتغيُّرِ ضَغط الهواء. وقد تَتَلْمَذَ توريشِللي على غاليليو ثُمَّ خَلَفَهُ كرياضيِّ البلاط لدى أرشيدوق تُسكانِي. وقد سُمِّيَت وَحْدَةُ الضغط «تُور» باسمِه، وتُساوي ضغطَ مِلِيمتر واحدٍ من الزئبق.

ضَغْطُ السَّوائل

يُؤثِّر ضغطُ السَّوائل في جميع الاتِّجاهات؛ فالماءُ يَنْبَجِسُ عَبْرَ الثقوب في جانِبِ هذا الوعاء بِفِعلِ الضغط الأُفُقيّ.



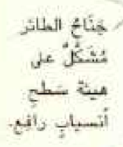
مَدى تَدَفُّق الماء من الثقب الأسفل هو الأكثرُ بُعدًا لأنّ ضغطَ الماء يتزايدُ بازدِيادِ العُمْق.

لمزيد من المعلومات انظر

سُلوكُ الغازات ص ٥١
القُوَى في الموائع ص ١٢٨
الجَوّ ص ٢٤٨
ضَغْطُ الهَواء ص ٢٥٠

القُوَى في الموائِع

تَسْري الموائعُ (سوائلَ كانت أَمْ غازات) عندما تؤثّرُ قُوّةٌ فيها؛ وهي لا شَكْلَ مُحدَّدًا لها، فتتَّخِذُ شَكْلَ الوِعَاءِ الذي يحتويها. وإذا ضُغطت الموائعُ بقُوَّةٍ مّا، تنتقِلُ القُوَّةُ الضاغطة إلى سَائرِ أجزاء المائع. وتُعرَفُ هذه الظاهرةُ بقاعِدة بَسْكال، وتُستَخدمُ في تشغيل بعضِ المُعَدَّات الآليّة. ففي مِكْبَحِ السيّارة الهيدروليّ مثلًا، تنتقِلُ القُوّةُ المُسلَّطة على دَوّاسةِ المِكْبَح إلى الدواليب بواسطةِ سَائلِ المِكْبَح. ومن خَواصّ الموائع المُفيدة عمليًا أنَّ المائعَ السّاري بسُرعةٍ أقلُّ ضغطًا من المُنساب ببُطءٍ. وتعرَفُ هذه الظاهرةُ التي تمكّنُ الطائراتِ من التحليقِ عاليًا في الجوّ بقاعِدة برنُولي (برنوييه).



جَناحُ الطائر مُشكّلٌ على هيئة سطحِ انسيابٍ رافع.

سَطْحُ الانسِيابِ الرافِع

سَطْحُ جَناحِ الطائرة مُقوّسٌ من أعلى ومُسطّحٌ تقريبًا من الجانب السفليّ مُشكّلًا سطحَ انسيابٍ رافعًا - يرتفعُ عندما يسري الهواءُ حَوالَيْه. ذلك لأنَّ الهواءَ ينسابُ فوقَ سَطحِ الجناحِ الأعلى بسُرعةٍ أكثرَ من سُرعتِه تحتَ السطحِ السُّفليّ. ووَفقًا لقاعدة برنولي، يكونُ الضغطُ تحتَ الجناحِ أكبرَ منه فوقَه، مما يُنتجُ قوّةَ رَفْع. وتزدادُ قوّةُ الرَّفع بازدياد سُرعةِ سَرَيانِ الهواء. لِذا ينبغي أن تحقّقَ الطائرةُ سُرعةً فائقةً على المَدْرَج لِتستطيعَ الإقلاع.



الضَّغْطُ الأزيدُ تحتَ الجَناحِ يَدْفعُه إلى أعلى.

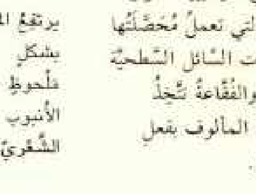
جَنَاحَا الطائر

يُوفّرُ الطائرُ مُعظمَ قوّةِ الرفع أثناءَ الطيران بقوّةِ ردِّ الفعل من رَفْرفَة جناحَيْه اللذَين يدفعانِ الهواءَ إلى أسفل. لكنْ عندما يكونُ الطائرُ سابحًا في الجَوّ انسيابًا فقط، فإنَّ بَسطةَ الجناحَيْن، بِفضل شكلِهما، تكسِبُه قوّةَ رَفع.



بليز بَسْكال

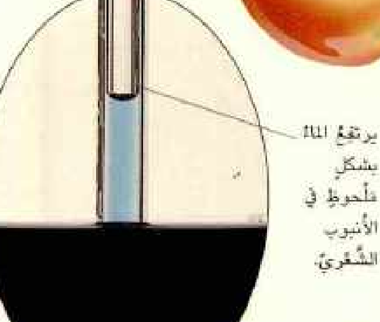
بليز بَسْكال (١٦٢٣-١٦٦٢) عالِمٌ ورياضيٌّ ولاهُوتيٌّ فرنسيٌّ لامع. صنَعَ أوّلَ آلةٍ حاسبةٍ ناجحة في سِنِّ الثانية والعشرين؛ وفي العام ١٦٤٦ صنَعَ بارومترًا زئبقيًّا واستخدمَهُ لاحقًا في قياس الضغطِ الجَويّ. وأدّت دراستُه خواصَّ السّوائل إلى اكتِشاف القاعدة المسمّاة باسمه. وتنصُّ قاعدةُ بَسْكال على أنَّ الضغطَ المُسلّط على جُزءٍ من المائع ينتقلُ بالتساوي إلى جميع أجزائه. وقد سُمّيَت وَحْدَة الضغط البَسْكال (پا) باسمه، وتُعادِلُ نيوتن على المتر المربّع.



تُمطُّ فُقّاعاتُ الصابون بأشكالٍ غريبة لأنَّ الصابونَ يُقلّلُ التوتُّرَ السّطحي للماء.

التّوَتُّرُ السّطحِيُّ

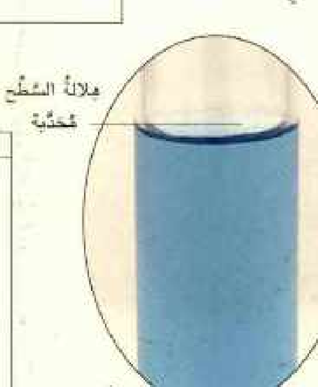
يبدو سَطحُ السّائلِ وكأنّه مُغطّى بغشاءٍ مُوتّرٍ مُتماسكٍ غيرِ مَرئيّ. وتعرَفُ هذه الظاهرةُ بالتوتُّرِ السّطحي، وسبَبُها القُوَى بين الجُزيئات التي تعملُ مُحصّلَتُها على شَدِّ جُزيئات السّائل السّطحيّة نحوَ الداخِل. والفُقّاعةُ تتّخذُ شكلَها الكرويَّ المألوف بفعلِ التوتُّرِ السّطحيّ.



يرتفعُ الماءُ بشكلٍ ملحوظٍ في الأنبوبِ الشَّعْريّ.

الخاصّةُ الشَّعْرِيّة

إذا غَطَسْتَ طرَفَ أنبوبٍ ضَيّقِ القُطر جدًّا في سائلٍ، فقد يرتفعُ السائلُ في الأنبوب بفِعْلِ الخاصّة الشعريّة. ويحدثُ هذا إذا كانت قوّةُ التجاذُبِ بين جُزيئاتِ السّائل وجُزيئات الأنبوب أقوى من التجاذُبِ بينَ جُزيئاتِ السّائل نفسِها كما في الماء.



هِلالُ السّطحِ مُحدّبة

ماء

التّماسُكُ والالتِصاق

هِلالُ السّطح، في أنبوبٍ ضيّقِ القُطر، مُحدّبةٌ في الماء ومُقعّرة في الزئبق. ذلك لأنَّ جُسَيمات الزئبق قويةُ التجاذُب وقويةُ التّماسُك فيما بينها (وبالتالي فهي عاليةُ التوتّرِ السّطحي) - عِلمًا أنّ قوّةَ التّماسُك هي القوّة بين جُسَيمات النوع الواحد. أمّا جُسَيمات الماء فهي أكثرُ انجذابًا إلى جُسَيمات زُجاج الأنبوب منها إلى بعضها. وتُدعى القُوّةُ بين مادّتَيْن مُختلفتَيْن قوّةَ الالتِصاق؛ وهي التي تُسبّب التِصاق قطرات المَطر بزُجاجِ النوافذ.



هِلالُ السّطحِ مُقعّرة

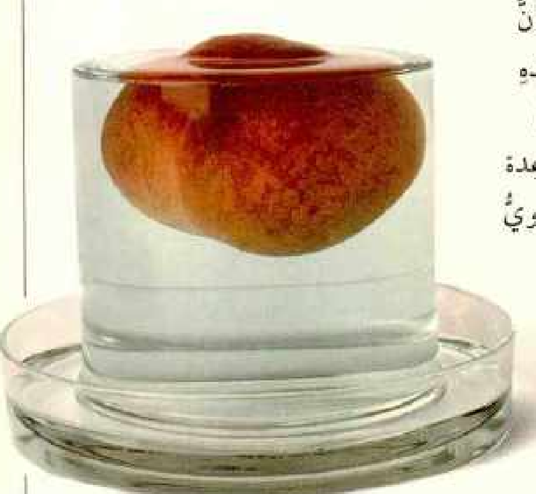
زئبق

لمزيد من المعلومات انْظر

خصائصُ المادّة ص ٢٢
الترابُطُ الكيماويّ ص ٢٨
الصّابُون والمُنظّفات ص ٩٥
الموادُّ اللَّصُوقة ص ١٠٦
الضَّغْط ص ١٢٧
الحاسِبات ص ١٧٢
ضغطُ الهواء ص ٢٥٠
حقائقُ ومعلومات ص ٤٠٨

الطَّفْوُ والغَوْص

يَبدو الجِسْمُ أخفَّ وَزنًا إذا غُمِرَ في الماء لأنَّ الماءَ يدفَعُه إلى أعلى. وتُدعى قوّةُ الدفع هذهِ الدفعَ الرافِعَ أو الدَّفْعَ العُلْويّ، وتُعادِلُ وَزنَ السَّائل المُزاح - وتُعرَفُ هذه الظاهِرةُ بقاعِدة أرخميدس. فالجِسْمُ يَطْفو إذا كان الدَّفْعُ العُلْويُّ لِلسائل مُساويًا لِوَزنه؛ ويَغوصُ إذا زادَ وزنُه على الدَّفْعِ العُلْويّ. ويعتمدُ الطَّفْوُ على كَثافةِ الجِسْم - أي كميّةِ المادّة في وَحدة الحجم منه. فالشمعةُ تَطْفو في الماء لأنَّها أقلُّ منه كثافةً، فتَزيحُ منه ما يكفي لِيُوَفِّرَ دَفْعًا عُلويًّا يحملُها؛ بينما يغُوصُ الحجَرُ لأنّه أكثفُ من الماء؛ ووَزْنُ الماءِ المُزاح، أي دَفْعُ الماءِ العُلْويّ، أقلُّ من وَزْنِه.



الطَّفْوُ في الماء

تَطْفو الدُّرّاقِنةُ في الماء لأنّها تزيحُ من الماء ما يُعادِلُ وزنَها - أي إنَّ قوّةَ الدَّفْعِ العُلويّ تُساوي وزنَ الدُّرّاقِنة تمامًا.

الارتِفاعُ في الجَوّ

ترتَفِعُ المَناطيدُ المُعَبّأةُ بالهِلْيوم في الهواء لأنّ الهِلْيوم أقلُّ كثافةً من الهواء؛ فوَزْنُ الهواءِ المُزاح أكبرُ من وزنِها.

عندما الغَوّاصةُ طافيةٌ تكون خزّاناتُها الصابوريّةُ (صهاريجُ الموازنة) مليئةً بالهواء.

تَدفَعُ المَراوِحُ الغَوّاصةَ إلى الأمام.

لِلغَوْص، يُضَخُّ الماءُ إلى الخزّانات الصابوريّة فتصبِحُ الغوّاصةُ أثقل.

لِلطَّفْو، يُضَخُّ الهواءُ إلى الخزّانات الصابوريّة طارِدًا الماءَ منها فتصبِحُ الغَوّاصةُ أخفّ.

الغَوّاصات

يوجَدُ في الغَوّاصة مُستوعَباتٌ تُدعى الخزّاناتِ الصابوريّة، تجعَلُها تَطْفو عندما تُملأُ بالهواء. فرُغمَ أنَّ الغَوّاصةَ مصنوعةٌ من الفولاذ، فإنَّ مُعدَّلَ كثافتِها ومُستوعَباتِها مَليئةً بالهواء أقلُّ من كثافةِ الماء. لكن عندما يُضَخُّ الماءُ إلى داخل الخزّانات الصابوريّة فإنَّ الغوّاصةَ تغوصُ لأنَّ كثافتَها تُصبحُ أكبرَ من كثافةِ الماء.

أرْخَميدس

أرخميدس (٢٨٧-٢١٢ق.م.) رياضيٌّ وفيزيائيٌّ ومُخترِعٌ إغريقيّ وصاحبُ القاعِدة المعروفة باسمه. يُحكى أنَّ الملكَ هيرو كلَّفَهُ باختِبارِ الذَّهَبِ المَصنوع منه تاجُه - فلاحَظَ وهو يَستحِمُّ أنَّ مَغطِسَهُ يفيضُ عند نزوله فيه. فقامَ يَركضُ عُريانًا في الشوارع وهو يَصيحُ: يوريكا، يوريكا (أي وَجَدْتُها!). وبمعرفتِهِ أنَّ دفعَ السوائلِ لجسمٍ يختلفُ باختلافِ كثافتِه بَرْهَنَ أنَّ ذهبَ التاجِ مَغشوشٌ. ولأرخميدس اكتِشافاتٌ جُلّى في الهيدروستاتيكا (عِلْمِ الموائع الساكِنة) والهَندسة والميكانيكا.

أيُّ الأثقلُ أو الأخفُّ

يَطْفو الزَّيتُ فوقَ الماء لأنّهُ أقلُّ كثافةً منه، ويطفو الماءُ فوقَ الشَّراب للسَّبب نفسِه. الفِلّينةُ أقلُّ كثافةً من السَّوائل الثلاثة لِذا تَطفو على سطحِ الزيت. والكُتلةُ اللدائنيّةُ أقلُّ كثافةً من الماء وأكبرُ كثافةً من الزّيت، فهي تغوصُ في الزيت، وتطفو في الماء. أمّا حَبّةُ العِنَب فهي أكبرُ كثافةً من الزيت والماء فتغوصُ فيهما، لكنّها أقلُّ كثافةً من الشراب، فتطفو فوقه.



مَثانة هوائيّة

الأَسْماك

بعضُ الأسْماكِ ذو مثانةٍ هوائيّة تعملُ كالخزّانات الصابوريّة في الغَوّاصة. يدخُلُ الهواءُ إلى هذه المثانة عن طريقِ الفم، أو من مَجْرى الدَّم، فيُمكِّنُ السَّمَكةَ من الارتفاع صُعُدًا في الماء.

لمزيد من المعلومات انْظر

المَكِنَاتُ

ليست جميعُ المَكِنَاتِ ضخمةً وكثيرةَ الضَّجة؛ فالعَديدُ منها آلاتٌ صغيرةٌ تُسْتَخدمُ لأداءِ أعمالٍ بسيطة. لكن مَهما كانَ حجمُ الآلة، فالمفروضُ أنَّها تجعلُ أداءَ العمل المُعَيَّن أسْهل. فبَعْضُها يُحيلُ الحَرَكةَ القصيرةَ إلى حركةٍ أطول، أو القوَّةَ الصغيرة إلى قوَّةٍ أكبر؛ وبعضُها الآخر يستطيعُ تغييرَ اتِّجاهِ القوَّة أو مَوقِعِها وَيُسَلِّطُها حيثُ الحاجةُ تَمَسُّ إليها. لكِنَّ الآلةَ لا تخلقُ طاقةً، فكُلَّما قَلَّت قوَّةُ الجُهْدِ ازدادت مَسافةُ تحرُّكِها، ويعرَفُ هذا بمبدأ الآلات. والمعروفُ أنَّ كِفَايَةَ أو فَعَاليةَ المَكِنَات لا يُمكِنُ أن تبلغَ ١٠٠ بالمئة، لأنَّ بعضَ الجُهْدِ المَبذول يتَبَدَّدُ في مُقاومةِ الاحتِكاك بينَ أجزائها.

الآلاتُ المُعَقَّدة

الحَصَّادةُ الدَّرَّاسةُ مَكِنَةٌ مُعَقَّدَةٌ، والواقعُ أنَّها مؤلَّفةٌ من مجموعةٍ كبيرة متآزِرةٍ من الآلات البسيطة المُترابِطةِ بوسائلَ بارعةٍ مبتكَرة من التُّروسِ المعَشَّقة والرَّوافع والسُّيُور المتحرِّكةِ ومنظوماتِ الأنابيبِ الهيدروليَّة. والناتجُ مَكِنَةٌ بالغةُ الأهميَّة، تحصُدُ الزَّرْعَ وتُذَرِّي الحَبَّ مِنَ القَشّ.

أُسْطُوانةُ الدَّراس تفصِلُ الحَبَّ عن السَّنابل

بريمةُ الحَبّ تنقُل الحَبَّ إلى خزّان خاصّ.

بريمةٌ تُفَرِّغُ الحَبّ.

ترْفَعُ الناقِلةُ القَشَّ إلى أُسطوانة الدَّراس.

بريمةٌ تحمِلُ الحَبَّ إلى الناقِلة.

بكرةٌ تُلْقِمُ الحصيدَ إلى قضيبِ القَطْع.

قَضيبُ القَطْع يحُزُّ السُّوق.

تزيدُ الحركة

عندما يَسْتخدِمُ فريقُ التجذيف الثمانيُّ مَجاذيفَهم لِتَحريكِ القارب، فإنَّهم في الواقع يَسْتخدمونَ آلاتٍ تُضاعِفُ الحركة. فبتحريكِ الطرفِ الدَّاخلي لِلمِجْذاف مَسافةً قصيرة، يتحرَّكُ الطَّرَفُ الآخر مَسافةً أكبر، وهكذا يندفِعُ القاربُ بسُرعةٍ عَبْرَ الماء.

قُوَّةٌ مُضخَّمَةٌ

يُروَى عن العالِم الإغريقيِّ أرْخميدس أنَّه قال «أعطِني رافعةً ذاتَ طولٍ كافٍ، فأستطيعُ تحريكَ العالم». وهذا نظريًّا صَحيحٌ، لأنَّ الرافعةَ تُضَخِّمُ القوَّة. فالمِطْرقةُ المِخْلبيَّةُ مثلًا، وهي نَوعٌ من الروافع، يمكِنُ استخدامُها لنَزعِ مِسمارٍ من قطعةِ خشَبٍ بقوَّةٍ ضئيلة.

إذا شدَدْتَ برِفْقٍ على يدِ المِطْرقة، فإنَّ المِخْلَبَ في الطرفِ الآخر يشُدُّ المِسمارَ بقوَّةٍ كبيرة.

دَاخِلِ البيانُو

العَزْفُ الجيِّدُ على البيانو يتطلَّبُ عَزْفَ النغماتِ الموسيقيَّة بسُرعة، لِينًا أو شِدَّةً. لذا فإنَّ أصابعَ أو مفاتيحَ البيانو تتَّصِلُ بالأوتار بنظامٍ مُعقَّدٍ من الرَّوافِع يضخِّمُ الحركةَ عند تنقُّل أصابعِ العازِفِ عليها. فبحَرَكةٍ إصبعيَّةٍ محدودةٍ تضربُ المِطْرقةُ وتَرَ البيانو المُعيَّنَ بقوَّةٍ، فيُصْدِرُ النغمةَ المطلوبة.



الطريقُ المُتَمعِّج

صعُودُ الجَبَلِ على طريقٍ مُتَمَعِّجٍ أيْسَرُ من تَسلُّقِ السَّفحِ في خطٍّ مُستقيم. فالطريقُ المتمعِّج، كالآلةِ البسيطة، يُخفِّضُ الجُهْدَ اللازمَ للصعُود إلى القِمَّة، لكنَّهُ يُطيلُ المسافةَ لِبلوغِها.

الآلاتُ البَسيطَة

السَّطحُ المائلُ والأسافينُ والمَساميرُ المُلَولَبة والرَّوافِعُ والمِلْفاف والبَكَراتُ والمُسنَّنات (أو التُّروس) جَميعُها تُدعى آلاتٍ بَسيطة. وهي تُيَسِّرُ الشُّغلَ لأنَّها تمكِّنُ قُوَّةً صَغيرة، تُدعى الجُهْد، من التغلُّب على قُوَّةٍ أكبر، تُدعى الحِمْل. ويُقالُ في الآلاتِ التي تزيدُ القُوَّةَ أنَّها ذاتُ فائدةٍ آليَّة يُمكِنُ احتِسابُها بِقِسْمَة الحِمْل على الجُهْد. أمّا الآلاتُ التي تزيدُ الحركة، ففائدتُها تُدعى النِّسبَةَ السُّرعيَّة، ويمكِنُ احتِسابُها بِقِسْمَة المَسافةِ التي يقطعُها الحِمْلُ على المَسافة التي يقطعُها الجُهْد.

المُسَنَّناتُ والمِلْفاف

تحوي خَفّاقةُ البَيضِ نوعَين من الآلاتِ البَسيطة - مُسنَّناتٍ ومِلْفافًا. المُسنَّناتُ المُعشَّقةُ أزواجًا، أحدُها أكبرُ من الآخر، تضاعِفُ القُوَّةَ أو تضاعِفُ السُّرعةَ وتغيِّرُ اتجاهَ الحركة. المِلْفافُ يُضاعِفُ القُوَّةَ لأنَّ مَسارَ الدولابِ أطولُ من مَسارِ الجُزْع - فيدورُ الجُزْعُ بقوَّةٍ أشدّ. مِقْبَضُ (أو يَدُ) الخَفّاقة يُديرُ المُسنَّنةَ الكبرى بفائدةٍ آليةٍ كدولابٍ وجُزْع، والمُسنَّنةُ الكُبرى تُديرُ بدَورِها مُسنَّنةً أصغَرَ بسُرعةٍ أعظم.

البَكَرَة

البكَرَةُ تفيدُ في رَفْعِ الأشياءِ عَموديًا، وتتألَّفُ بِبَساطةٍ من حَبْلٍ مَلفوفٍ حَوْلَ دولاب، يُوصَلُ أحدُ طرفَيْهِ بالحِمْل ويُسلَّطُ الجُهْدُ على الطَّرَفِ الآخَر لِرَفْعِ الحِمْل. وعندَ استِخدامِ أكثرَ من دولابٍ واحد، كما في البَكَّارةِ أعلاه، تتضخَّمُ القُوَّةُ أو الجُهْد، فيمكِنُ عندئذٍ رَفْعُ حِمْلٍ كبيرٍ بجُهْدٍ أقلّ.

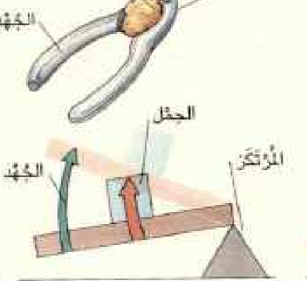



الإِسْفين

نَصْلُ البَلْطة إسفين، وهو آلةٌ تُضخِّمُ القُوَّة. فعندما تضربُ البلطةُ الحطبةَ تنتقِلُ قوَّةُ الضربةِ إلى النَّصلِ الذي يخترِقُ قِطعةَ الحَطَب قليلًا ويُرغِمُها على الانفِلاق. تتحرَّكُ قطعةُ الحَطَب عَبْرَ مسافةٍ أقلَّ من مَسافةِ تحرُّكِ النَّصْلِ ولكن بقوَّةٍ أشدّ.

الرّافِعَة

الرّافعةُ مُخْلٌ أو ذِراعٌ يَدورُ حَوْلَ نُقطةٍ تُدعى المُرْتَكَز أو مِحورَ الارتِكاز لتحريكِ الحِمْل. هنالِكَ ثلاثةُ أنواعٍ من الروافعِ تبعًا لموقعِ المُرتكَزِ بين الجُهْدِ والحِمْل، كما هو مبيَّنٌ في الشَّكلِ المُرفَق. الرَّوافعُ من النوعَين الأول والثاني تُضخِّمُ القُوَّة (مَسافةُ الجُهْد فيها أكبرُ من مَسافةِ الحِمْل)، وروافعُ النوعِ الثالثِ تُضخِّمُ المَسافة. في الجِسْمِ البَشريِّ أمثلةٌ على مختلفِ أنواعِ الروافع - فالذِّراعُ مثلًا، رافعةٌ من النوعِ الثالث، مُرتكزُها عندَ المِرفَق، وحِمْلُها هو اليدُ وما قد تحمِلُه، وجُهْدُها هو ما تبذلُه عَضَلةُ الذِّراع من قُوَّةٍ شدّ.

الزَّرَديَّةُ رافعةٌ مِنَ النَّوعِ الأوَّل - مُضخِّمةٌ لِلقُوَّة (المُرتكز بينَ الجُهْدِ والحِمْل)

كَسّارةُ الجَوْز رافعةٌ من النَّوعِ الثاني - مُضخِّمةٌ لِلقُوَّة (الحِمْل بينَ الجُهْد والمُرتكز)

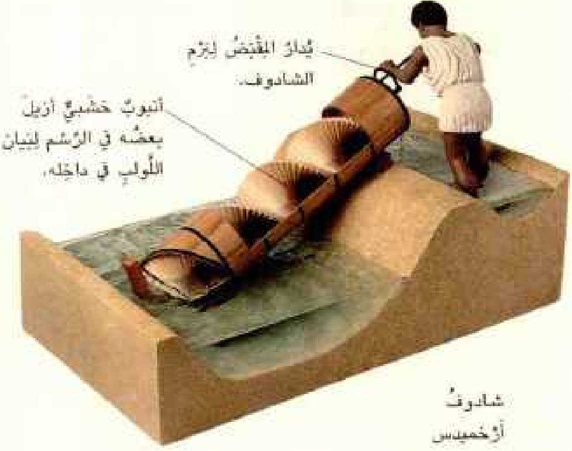
المِلْقَطُ رافعةٌ من النَّوعِ الثالث - تُضخِّمُ المَسافة (الجُهْد بينَ المُرتكز والمقاومة)

السَّطحُ المائل

المَعروفُ أنَّ دَفْعَ الشيءِ صُعُدًا على سَطحٍ مائلٍ أيْسَرُ من رَفْعِه حِمْلًا. يَستخدِمُ عُمّالُ نَقْلِ الأثاثِ مثلًا، لَوحًا مائلًا في تحميلِ الأغراضِ الثقيلةِ في الشاحنة. فهُم يدفَعون الأشياءَ مسافةً أطولَ من مسافةِ رَفْعِها عموديًا، لكنَّهم يبذلُونَ في ذلك جُهْدًا أقلّ - فالسَّطحُ المائلُ إذَن آلةٌ تُضخِّمُ القوَّة.







شادوفُ أرْخميدس

المِسْمار المُلَولَب

سِنُّ المِسْمارِ المُلَولَب هو في الواقع سَطْحٌ مائل. والمِسْمارُ المُلَولَبُ ذو فائدةٍ آليَّة لأنَّه يبرُمُ مَسافةً أطولَ من المسافة التي يتحرَّكُ بها إلى الأمام، وهذا يعني أنَّه يتحرَّكُ إلى الأمامِ بقوَّةٍ أكبرَ من القوَّة التي تُبْذَلُ في بَرْمِه. أحيانًا تُرْفَعُ مياهُ النهرِ لِرَيِّ الحُقُولِ بواسطةِ نَبيطةٍ تُدعى شادوف أرخميدس. فكُلَّما يُدارُ الشادوفُ دَورةً، ترتفعُ المياهُ قليلًا داخلَ أُنبوبِه.

لمزيد من المعلومات انظُر

القُوى والحَرَكة ص ١٢٠
قُوى الدَّوَران والتدوير ص ١٢٤
الطُّفُوُ والغَوْص ص ١٢٩
الأصواتُ الموسيقيَّة ص ١٨٦
الهَياكِلُ الدّاعِمة ص ٣٥٢
حَقائقُ ومَعلومات ص ٤٠٨

الشُّغْلُ والطَّاقة

بالمفهومِ العِلْميّ، يَنْتُجُ الشُّغْلُ فقط عندما تُحرّكُ قُوّةٌ شيئًا. فحينَ ترفَعُ جِسْمًا ثقيلًا، أنتَ تقومُ بشُغلٍ لأنّك تبذُل قُوّةً تحرّكُ الجِسْم. ولا يُبذَلُ شُغْلٌ بدونِ طاقة؛ فالطّاقةُ هي القُدرةُ على أَداءِ شُغْل، أي إنَّ أداءَ الشُّغل يتِمُّ باستِهلاك الطاقة، أو على الأصحّ، بتحوُّلِها من شكلٍ إلى آخر. نحن نحصلُ على الطاقةِ من الطعام كَطاقةٍ كيماويّة. كذلكَ تحصلُ بعضُ الآلات على طاقتِها بشكلٍ كيماويّ من الوُقُدِ كالبنزين والغاز. وهناكَ أشكالٌ أُخرى من الطاقة - كالطاقةِ الحراريّةِ والضَّوئيّة والنّوويّة والكهربائيّة. ولكي نُدركَ كيفَ تتحرّكُ الأشياءُ ولماذا، ينبغي لنا معرفةُ نوعِ ومقدارِ الطاقة المتوفّرةِ لَديها.

في رَفْعِ تُفّاحةٍ وزنُها نيوتُن عموديًّا مسافةَ مترٍ يُبذَلُ شُغلٌ مِقدارُه جُول.



قياسُ الشُّغل

عندما ترفَعُ شاحنةُ المِرفاعِ الشوكيّ صناديقَ الشَّحن، فهيَ تعملُ على مُقاومةِ قوّةِ الجاذبيّة. وكلّما ازْدادَ ثِقْلُ الصناديقِ ومَدَى الرَّفع، يَزدادُ الشُّغلُ المَبذول. (فالشُّغل = القُوّة × المسافة).

طاقةٌ طبيعيّة



تستخدِمُ خُنفساءُ الرَّوْث الطاقةَ المخزونةَ في عَضَلاتِها لتبذُلَ شُغْلًا - في هذه الحالة، دَفْعُ كُرةِ الرَّوْثِ صُعُدًا فوقَ مُنْحدر. فكلّما ازْدادَ ثِقْلُ الكُرةِ وازدادَ مَدَى رَفْعِها، يزدادُ الشُّغلُ الذي تبذلُه الخُنفساء، وتزدادُ الطاقةُ التي تَستَهلِكُها.

كيلوغرام من البَندورة (الطماطم)

٢٤ غرام من الشوكولاته بالحليب (باللبن)

طاقةُ الأغذية

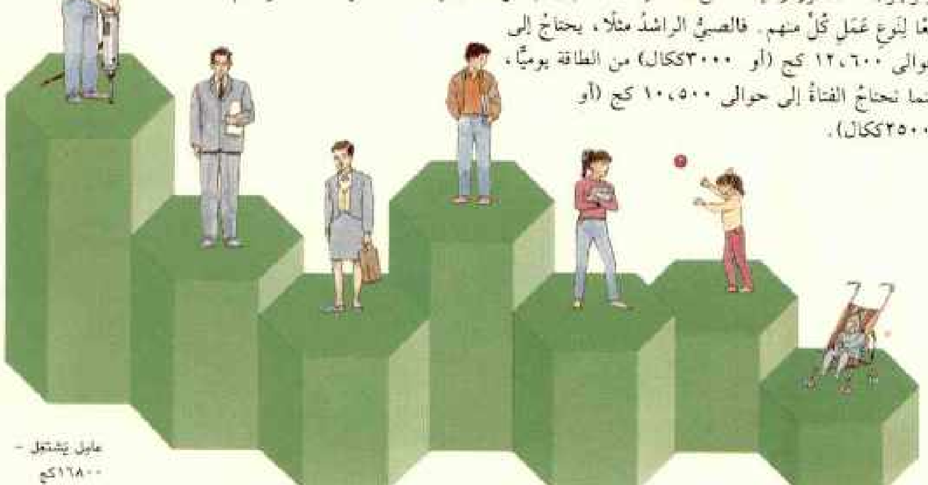
لا يمكنُكَ العيشُ بدونِ الطّاقةِ التي تحصلُ عليها يَوميًّا من طعامِك. لكنّ الإفراطَ في تناوُلِ الطاقة قد يُضِرُّ كَقِلَّتِها. أنواعُ الأغذيةِ المختلفةِ تحوي كمّيّاتٍ مُختلِفةً من الطاقة. فالطاقةُ المتوافرةُ في ٢٤ غرامًا من الشوكولاته بالحليب مثلًا، تعادِلُ الطاقةَ المتوافرةَ في كيلوغرامٍ واحدٍ من البندورةِ الطازَجة.

الجُول

يُستخدَمُ الجُول كوَحْدةِ شُغْل، كما هو وَحدةُ طاقة. والجُولُ هو الشُّغلُ المَبذولُ عندما تُحرّكُ قوّةٌ، مِقدارُها نيوتُن، شيئًا مَسافةَ مترٍ في اتّجاهِها.

احتياجاتُنا من الطّاقة

تُقاسُ الطاقةُ بالجُول، لكنّ الجُولَ وَحْدةٌ صغيرة؛ لِذا يُستخدَمُ الكيلوجول (كج = ١٠٠٠ جُول) كوَحْدةٍ لِقياسِ كمّيّةِ الطاقةِ في طعامِنا؛ كما تُستخدَمُ أيضًا وَحْدةُ الكيلوكالوري (ككال = ٤،٢ كيلوجُول). الذكورُ والإناثُ من مختلَفِ الأعمارِ يستهلِكونَ كمّيّاتٍ مختلفةً من الطاقة كُلَّ يوم، تبعًا لِنوعِ عَمَلِ كُلٍّ منهم. فالصبيُّ الراشدُ مثلًا، يحتاجُ إلى حوالى ١٢،٦٠٠ كج (أو ٣٠٠٠ككال) من الطاقة يوميًّا، بينما تحتاجُ الفتاةُ إلى حوالى ١٠،٥٠٠ كج (أو ٢٥٠٠ ككال).



عامِلٌ يشتغِل - ١٦٨٠٠كج (أو ٤٠٠٠ككال)

رَجُل - ١٢٦٠٠ كج (أو ٣٠٠٠ ككال)

امرأة - ٩٢٠٠كج (أو ٢٢٠٠ككال)

فتى - ١٢٦٠٠ كج (أو ٣٠٠٠ ككال)

فتاة - ١٠٥٠٠كج (أو ٢٥٠٠ككال)

وَلَد - ٨٤٠٠كج (أو ٢٠٠٠ككال)

طِفل - ٤٦٢٠كج (أو ١١٠٠ككال)

جيمس جُول

العالِمُ الإنكليزيّ جيمس جُول (١٨١٨-١٨٨٩) كانَ من أوائلِ مَن أدركوا أنّ الشُّغلَ يُوَلّد حرارة، وأنّ الحرارةَ شكلٌ من أشكالِ الطاقة. فقد أدارَ جُول مَغاديفَ خاصّةً في وِعاءٍ به ماء، فلاحَظَ أنّ الماءَ يسخُن، وأنّه كُلّما ازدادَ تدويرُ المغاديف، وبالتالي الشُّغلُ المبذول، ازدادت سُخونةُ الماء. فأدركَ أنّ الشُّغلَ يحوّلُ الطاقةَ الحركيّةَ إلى طاقةٍ حراريّة. كانَ جُول مُغرَمًا بإجراءِ الاختِبارات، وقد وجَدَ بالاختِبارِ مرّةً أنّ درجةَ حرارةِ الماءِ، في أسفلِ الشّلّال، أزيدُ منها في أعلاه، مِمّا يثبتُ أنّ طاقةَ المِياهِ الساقطةِ تتحوّلُ إلى حرارة.



أشْكالُ الطَّاقة

الجِسْمُ المتحرِّكُ له طاقةٌ يكتسِبُها نتيجةً لحركتِه؛ فطاقةُ الحركةِ من سيَّارةٍ مُتحرِّكةٍ قد تهدِمُ جدارًا من الطوب. أمّا الطاقةُ التي يكتسِبُها الجِسْمُ نتيجةً لِوَضعِه، كماءِ السَّد العالي مثلًا، فهي طاقةُ الوَضْعِ؛ وهي طاقةٌ كامِنةٌ يمكنُ أن تتحوَّلَ إلى طاقةِ حَرَكة. الطاقةُ الكيماويَّةُ هي شكلٌ من أشكالِ الطاقةِ الكامِنةِ المُختَزَنةِ في التركيبةِ الكيماويَّةِ لبعضِ الأشياءِ كالنباتاتِ والنِّفطِ والفَحْمِ والبَطَّاريَّات.

وأكثرُ أشكالِ الطاقةِ، تعدُّدَ استِعمالٍ، هي الطاقةُ الكهربائيَّةُ إذ يمكِنُ تحويلُها بسُهولةٍ إلى أشكالٍ أخرى من الطاقةِ: ضوءًا أو صوتًا أو حرارة.



التلفزيون النقَّالُ هذا يعملُ بطاقةٍ كيماويَّةٍ، مَخزونةٍ في بطَّاريَّاتِه، تتحرَّرُ عندما يسري تيارٌ كهربائيٌّ عبْرَه ليُنتِجَ حرارةً وضَوْءًا وصَوْتًا.

في عَضَلاتِ القُطَيطةِ طاقةٌ مَخزونةٌ تستخدِمُ الهِرَّةُ بعضَها لتتسلَّقَ الشجرة. وخِلالَ التسلُّقِ تزدادُ طاقتُها الكامِنةُ التَّثاقُليَّةُ – بحيثُ يمكِنُها السُّقوطُ؛ وبسقوطِها تكتسِبُ القطيطةُ طاقةَ حَرَكة.

جيمس وَاط

جيمس وَاط (١٧٣٦–١٨١٩)، مُخترِعٌ اسكتلنديٌّ عَمِلَ صانِعَ أدواتٍ بجامعة غلاسكو وهو في سِنِّ العشرين. وبينما كان يُصْلِحُ نَمُوذَجَ مُحرِّكٍ بخاريّ، ارتأى إمكانيَّةَ تحسينه فيما لو شُغِّلَ بأُسْطوانتَين. وقد صنَعَ محرِّكًا بخاريًّا مُحسَّنًا بالحجم الطبيعيّ، فكانَ أعلى قُدرةً وأجدى اقتصاديًّا من المحرِّكات السابقة بكثير. ولَم يمضِ طويلُ وقتٍ حتّى عَمَّ استِخدامُ محرِّكاته في المصانع والمناجم الإنكليزيَّة كافَّةً، كما صُدِّرت إلى أوروبا وأمريكا الشماليَّة.

يُحتاجُ إلى وَلَدَيْنِ لِرَفْعِ الثِّقْلِ بالسُّرعةِ التي يرْفَعُه بها الرجُل.

في أوراقِ النبتة ومختلفِ أجزائها طاقةٌ مَخزونةٌ يمكِنُ إطلاقُها إذا تغيَّر التركيبُ الكيماويُّ للنبتة، كأنْ تُحرقَ أو يلتهِمَها حيوانٌ مثلًا، فتنتِجُ طاقةً ضَوئيَّةً أو حراريَّة.

رَفْعُ الأثقال

القُدرةُ هي مُعدَّلُ بَذْلِ الشُّغل، أو مقدارُ السُّرعة التي يتحوَّل فيها شكلٌ من الطاقة إلى آخر. الرَّجُلُ أمَدُّ قُدرةً من الوَلَد، فهو يستطيعُ رَفْعَ الثِّقْلِ بسُرعة، لكنَّ الولدَ إن استطاعَ ذلك فَبِبُطءٍ. وَحْدَةُ قياسِ القدرة الواط، وقيمتُه جُول في الثانية.

الطَّاقةُ الكامِنة

الطاقةُ الكامِنة هي الطاقةُ التي يكتسِبُها الجِسْمُ نتيجةً لِوَضْعِه أو حالتِه. فعِفْريتُ العُلبة مثلًا، يكتسبُ طاقةً كامِنة عندما يُضغَطُ داخلَ العُلْبة. ومن أنواعِ الطاقةِ الكامِنة الطاقةُ الكامِنةُ التَّثاقليَّة (لجِسْم مَرْفوع)، والطاقةُ الكامِنةُ المُرونيَّة (لجِسْم مَرِنٍ مَمطوطٍ أو مضغوط)، والطاقةُ الكامِنةُ الكهربائيَّةُ (لجِسْم قُربَ شِحْنةٍ كهربائيَّة)، والطاقة الكامنة المِغنطيسيَّة (لقطعةٍ من الحديدِ قُربَ مِغْنطيس).

عِفْريتُ العُلْبة يكتسِبُ طاقةً كامِنةً مَطوطة عندما يُكبَسُ داخلَ العُلْبة.

عند رَفْعِ غطاءِ العُلْبة يندفِعُ العِفْريتُ قافِزًا يتحوَّل طاقتُه الكامِنةُ إلى طاقةِ حَرَكة.

طاقةُ الحَرَكة

استُخدِمَتِ الطَّواحينُ الهوائيَّةُ أصلًا لِتدويرِ آلاتٍ كالطاحون مثلًا. فَبِدَوران أشرِعَتِها تُحرِّكُ طاحونةُ الهواءِ الرَّحى، مُحوِّلةً طاقةَ حركةِ الرِّيحِ إلى حركةِ حَجَرِ الرَّحى. تتناسَبُ طاقةُ حركةِ الجِسْم طَرْديًّا مع كُتلتِه ومُرَبَّعِ سُرعتِه. فإذا تضاعفَتْ كُتلةُ الجِسْم، تضاعفت طاقةُ حركتِه، أمّا إذا تضاعفَتْ سُرعتُه، فإن طاقةَ حركتِه تزدادُ أربعَ مرّات.

لِمزيدٍ من المعلومات انظُر

مَصادِرُ الطَّاقة ص ١٣٤
الحرارة ص ١٤٠
المحرِّكات ص ١٤٣
مَواردُ الكهرباء ص ١٦٠
الصَّوْتُ والضَّوء ص ١٧٧
حَقائقُ ومَعلومات ص ٤٠٨

مَصادِرُ الطّاقة

كمّيّةُ الطاقةِ التي تصِلُ الأرضَ من الشّمْس ضخمةٌ (حوالى ٣×١٠^{١٤} ميغاواط ساعة سنويًّا). وقد قدَّرَ أحدُهم الطاقةَ السّاقطة على طُرُقاتِ الولايات المتحدة في سنةٍ واحدة بضِعفِ الطاقةِ المُنْتَجة من الفَحْم والنِّفْط سنويًّا في سائر أقطار العالَم. وتصِلُنا طاقةُ الشّمْس في ظواهِرَ متعدِّدةٍ - كالرِّياحِ والأمواج مثلًا، أو كَطاقةٍ شَمْسيَّة مُباشِرة. وتنحصِرُ أشكالُ الطاقةِ التي ليستِ الشَّمْسُ مصدرَها في الطاقة النوويَّة، والطاقةِ الكيماويَّة في البَطّاريّات الكهربائيّة، وطاقةِ المَدِّ والجَزْر، والطاقةِ الحراريَّة الأرضيَّة الجَوفيَّة. مَصادرُ الطاقة بعضُها متجدِّدٌ لا يَنضبُ، وبعضُها الآخر، كالنِّفْطِ والفَحْم لا يتجدَّد، وهو آيلٌ حَتمًا لِلنَّفاد.



طاقةُ الكُتْلةِ الحَيَويّة

الطاقةُ المُستمَدّةُ من المُنتَجات العُضْويّة لِلكائنات الحيّة كالحطب والجِلّة مثلًا، تُدعى طاقة الكتلة الحيويّة. ويستخدِمُ نصفُ سُكّان الأرض تقريبًا أحدَ أشكالِ هذه الطّاقة في الطبخ والتدفئة والإضاءة. هٰذا الرَّجُل من الهِند يستخدِمُ الغازَ الحَيَويّ للطبخ. وهذا الغاز هو مزيج من الميثان وثاني أُكسيد الكربون يَنْتُجُ من تعفُّنِ الفَضَلات أو تخمُّرِ رَوْث الحيوانات.

خليّةٌ فُلطائيّة ضَوئيّة

ماطورةُ خلايا شمسيّة

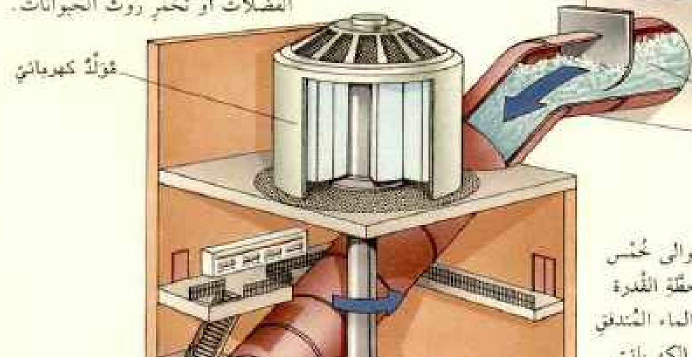
سيليكونٌ مَشُوبٌ بالفُسْفور يُنتِجُ إلكترونات طليقة.

سيليكون مَشُوبٌ بالبورون ينتِجُ شُغراتٍ إلكترونيّة.

الطاقةُ الإشعاعيّة من ضوء الشّمس السّاقِط على الخليّة تدفعُ الإلكترونات من طبقةٍ إلى أخرى مُوَلِّدةً تيّارًا كهربائيًّا.

تحويلُ ضَوءِ الشَّمْس إلى طاقة

الشَّمْسُ مَصْدرُ طاقةٍ مُهِمٌّ مُتجدِّد وغيرُ مُلَوِّث. يُمكِنُ تحويلُ طاقةِ الشَّمْس إلى طاقةٍ كهربائيّة مباشرةً داخِلَ خلايا (شَمْسيّة) فُلطائيّة ضوئيّة. وتُستخدَمُ هذه الخَلايا في الحاسِباتِ والمَنارات الراديويّة ومحطاتِ الوَصْل التلفونيّة العامِلةِ بالطاقة الشمسيّة في المناطِق النائية، كما في السَّوابِلِ الفضائيّة، وفي الطافيات المِلاحيّة في عُرْضِ المُحيطات.



القُدرةُ المائيّة

توفِّرُ الطاقةُ الكَهْرمائيّةُ حوالى خُمْس الطاقة في العالَم. في محطّةِ القُدرةِ الكهرمائيّة تُستخدَمُ طاقةُ الماء المُتدفِّق في تسيير تُربيناتِ المُوَلِّدِ الكهربائي. ويمكِنُ توليدُ كمّيّاتٍ كبيرة من القُدرة بالمشاريع الكهرمائيّة، فمشروعُ السّدّ العالي على النّيل يولِّد حوالى ٣٠٠ مليون واط، أمّا مشروعُ إتايْبو على نهر بارانا، بين البرازيل والباراغواي، فيُولِّد حوالى ١٣٠٠٠ مليون واط.

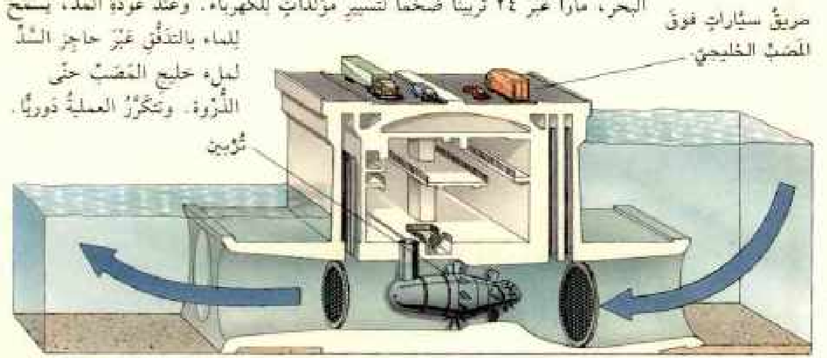
التُّربينُ الهوائي ذو دَوّارٍ مِروحيّ النَّمَط عادةً، ويُقامُ على بُرجٍ عالٍ.

قُدرةُ الرِّياح

تُستخدَمُ الطواحينُ الهوائيّة منذُ القِدَم في طَحْن الحُبُوبِ وضخّ المياه من الآبار؛ واليومَ، تُصَمَّمُ التُّربيناتُ الهوائيّة لِتوليد الكهرباء. ففي حقلٍ من هذه التُّربيناتِ في مَعْبَر المونْت بكاليفورنيا، الولايات المتحدة هنالك ٣٠٠ تُربين تُمِدُّ كافةَ المناطِقِ حَوْلَ لُوس أنجلوس بالكهرباء. أمّا أضخمُ مُولِّد هوائي لِلكهرباء في العالَم فيُوجَدُ في هاواي؛ إذ يبلغُ طُولُ الواحدةِ من رِيشتَي مِروحته المُقامةِ فوق بُرجٍ بعُلُوّ ٢٠ طابقًا، قُرابة ٥٠ مترًا.

قُدرةُ المَدّ

بُنِيَتْ أُولى تُجْرِبات محطّات القُدرة المَدّ جَزْريّة في العالَم عَبْرَ المَصَبّ الخليجيّ لِنهر رانْس في بريتاني، بفرنسا؛ وتستطيع إنتاجَ ٢٤٠ مليون واط - تَسُدُّ احتياجاتِ مدينةٍ سُكّانُها ٣٠٠،٠٠٠ نَسمة. عند الجَزْر، يُحصَرُ الماءُ داخِلَ السَّدّ على مُستوى ذُروة المَدّ. وعندما يَصِلُ الفَرْق في مُستوَيَي الماء ٣ أمتار، يُسْمَحُ لِلماء بالتدَفُّق من السَّدّ نحو البحر، مارًّا عَبْرَ ٢٤ تُربينًا ضخمًا لتسيير مُوَلِّداتٍ لِلكهرباء. وعندَ عودة المَدّ، يُسْمَحُ لِلماء بالتدَفُّق عَبْرَ حاجِز السَّدّ لِمِلْء خليج المَصَبّ حتّى الذُّروة. وتتكرَّرُ العمليّةُ دوريًّا.



الصُّخورُ الحارّة

تبلغُ حرارةُ بعضِ الصخور في القِشْرة الأرضيّة ١٠٠٠° س، ممّا يجعلُ جوفَ الأرض مخزنًا هائلًا لِلطاقة الحراريّة الأرضيّة. بعضُ هذه الطاقةِ يَصِلُ إلى سطحِ الأرضِ طبيعيًّا كَحُمّاتِ المياهِ الحارّة أو فَوّارات البُخار. وفي بعض المناطِقِ يُضَخُّ الماءُ إلى باطن الأرض ليَسْخُنَ ثمّ يُعادُ لِلإفادة من طاقته الحراريّة. وتُستغَلُّ الطاقةُ الحراريّةُ الأرضيّةُ في قُرابة ٢٠ بلدًا في العالَم لِلتدفئة أو لِتوليد الكهرباء.

داخل محطةٍ لِتوليد القُدرة

تحوي مَحطةُ توليدِ القُدرة العامِلة بالزيت أو الفَحم فُرْنًا حيثُ يُحرَقُ الوَقودُ لِتسخين الماء وإنْتاج البُخار. وهذا البُخارُ يُديرُ تُربينَ مُوَلِّدٍ كهربائيٍّ. ومن المُوَلِّدِ تُرسَلُ الكهرباءُ عَبْرَ كَبْلاتِ شبكةِ التوزيع إلى المنازِلِ والمكاتِبِ والمصانع. والبُخارُ يُمرَّرُ عادةً عَبْرَ ثلاثة تُربينات على التوالي، حتى تُسْتَنفَدَ كُلُّ طاقتِه قبلَ أن يُعادَ ليتكثَّفَ ماءً في المكثِّف.

يُفْلِتُ بعضُ من الحرارة عَبْرَ المِدْخنة.

بُرْجُ التبريد

مُوَلِّدٌ كهربائيٌّ ضخمٌ

يَسْري الماءُ من المكثِّفِ إلى أبراجِ التبريد حيثُ يُرَذُّ في الهواء ليَبْرُد.

لِتسريع الاشتعال يُسْحَقُ الفَحْمُ في طاحونٍ ويُنثَرُ سَحيقُه في الفُرْنِ حيثُ يشتعلُ بتوهُّجٍ.

الفُرْن

المُحوِّلُ يُحوِّلُ الفُلطيَّةَ قبلَ توزيعِ التيار على المنازل والمصانع.

المُكثِّف

ونفادُ مخزونِ الفحم العالمي خلالَ ٢٥٠ سنة.

ونفادُ مخزونِ الغاز العالمي خلالَ ٦٠ عامًا.

يتوقَّعُ الخبراءُ نفادَ احتياطي النِّفْط العالمي خِلالَ ٤٠ عامًا.

الوُقُد الأُحفُوريّة

الفَحمُ والغازُ الطبيعيُ والنِّفطُ وُقُدٌ أُحفُوريَّةٌ لأنّها بقايا نباتاتٍ وحيواناتٍ اندَثرت منذُ زمنٍ بعيد. وهي وُقُدٌ سَهْلَةُ الاستِعمال وفيرةُ القُدرة، لكنَّ اشتِعالَها يُطْلِقُ ثاني أكسيد الكربون في الجَوّ ممّا يزيدُ الحمُوَّ العالميَّ بظاهِرة الدفيئات. إنَّ مُعَدَّلَ استِهلاكِ هذه الوُقُد يتزايدُ بسُرعة، عِلمًا أنَّ مَخْزونَها العالميَّ مَحْدودٌ كمًّا. وحتّى لو استمرَّ الاستِهلاكُ بالمُعَدَّلِ الحالي، فإنَّ مُجْمَلَ مخزونِها في العالَمِ لن يكفي لأكثرَ من ٢٥٠ سنة.

مَصادرُ الطَّاقة

ح ١٠٠ إسْتَخدمَ الرومانُ الفَحْمَ وَقُودًا.

ح ٦٥٠ إسْتُخدِمت الطواحينُ الهَوائيّةُ في بلادِ فارس.

١٨٥٩ حُفِرت أوّلُ بئرٍ للنِّفط في بنسلفانيا، بالولايات المتحدة.

١٨٨٠ بُنِيَت أوّلُ مَحطّةٍ لِتوليد الكهرباء في لندن بانكلترا.

١٨٩١ عُرِضَت أوّلُ مَحطّةِ قُدرةٍ كهرمائيّةٍ في ألمانيا.

١٩٥١ توليدُ الكهرباء لِلمرّة الأولى بالطاقة النوويّة في الولايات المتحدة.

١٩٦٠ بُنِيَت أوّلُ مَحطّةِ قُدرة حراريّةٍ شمسيّةٍ في تُركمنستان بالاتحاد السوفياتي السابق.

١٩٦٨ دُشِّنَت أوّلُ مَحطّةِ قُدرةٍ مَدِّيّةٍ في فرنسا.

الطَّاقةُ في المنازل



يَسْتهلكُ منزِلٌ عاديٌّ في سنة واحِدة خَمسةَ أضعافِ الطاقة التي يبذلها جميعُ المتسابقين في سباقِ ماراثونيّ (مداه ٤٢,٢ كلم). المَصدرُ الأساسيُّ للطاقة في المنازِل هو الكهرباء، لكنْ يُسْتخدمُ أيضًا الفَحْمُ والغازُ والزيتُ والحَطَب. وقد تَستَخدِمُ بعضُ المنازِلِ الحديثة السَّخّاناتِ الشمسيّةَ لِتسخينِ الماء. والسَّخّانُ الشمسيُّ هو صُندوقٌ ذو واجِهةٍ زجاجيّةٍ في داخله أنابيبُ مَطليّةٌ بِدِهانٍ أسودَ - لأنَّ اللَّوْنَ الأسودَ يمتصُّ حرارةَ الشّمسِ فَيَسخُنُ الماءُ السّاري في الأنابيب.

لمزيد من المعلومات انْظر

الطاقة النوويّة ص ١٣٦
المحرِّكات ص ١٤٣
الخلايا والبطاريّات ص ١٥٠
مواردُ الكهرباء ص ١٦٠
الصُّخورُ المتحوِّلة ص ٢٢٤
الأمواجُ والمَدُّ والتيّارات ص ٢٣٥
الجوّ ص ٢٤٨
دوراتٌ في الغِلافِ الحيويّ ص ٣٧٢
البَشَرُ وكوكبُهم ص ٣٧٤
حقائقُ ومعلومات ص ٤٠٨

الطّاقةُ النّوويّة

تحوي الذرّةُ قدرًا هائلًا من الطاقة - هو طاقة نوويّة - نتيجةٌ للقُوى الشديدة الرّابطة بين جُسَيمات نَواتها. وتحدثُ التفاعُلاتُ النوويّة طبيعيًّا، وهي التي تُكسبُ الشّمْسَ قُدرتَها. وقد حاولَ العُلماءُ تسخيرَ الطاقةِ النوويّة، وقد نجحوا بتحقيقِ ذلك فقط مِن ذرّاتِ بعض العناصر - كاليورانيوم والپلوتونيوم والديُوتِريوم (الهدروجين الثقيل). إنّ الطاقةَ التي يمكنُ الحصولُ عليها من كيلوغرام واحدٍ من الديوتريوم تعادِلُ الطاقة المُنْتَجة من ثلاثةِ ملايين كيلوغرام من الفَحْم. هناكَ طريقتانِ أساسيّتان لإطلاقِ الطاقةِ النوويّة: الانشِطارُ النوويُّ - حيثُ تنفلِقُ نَواةُ الذرّة؛ والاندماجُ النوويُّ - حيث تندمِجُ نَواتا ذرّتَيْنِ أو أكثر.



الإشْعاع

في الصُّورة أعلاه، يُعِدُّ العُمّالُ لاستِبدال قضيبِ وَقودٍ من قَلْبِ المُفاعِل النوويّ، وقد غُمِر هذا بالماء إلى عُمق ١٠٫٥م للمحافظةِ على سلامتِهم من الإشعاع. أمّا الوَهَجُ الأزرقُ فعائد إلى كَون الجُسَيمات المَشحونة العالية الطاقة تسيرُ في الماء بسُرعة تفوقُ سُرعةَ الضوء فيه.

نيوترون

نواةُ ذرّة اليورانيوم - ٢٣٥

نيوترون

طاقة مُنبَعثة

نيوترون

الانشِطارُ النّوويّ

نَواةُ الذرّة مُحاطةٌ بإلكتروناتٍ تدورُ بسُرعات هائلةٍ في مَداراتٍ مُحدّدة تؤلّفُ غِلافًا لا يُمكِنُ اختِراقُه عادةً. لكنْ باستطاعةِ نيوترونٍ عالي السرعة، مُندفِعًا بعُنفٍ، اختراقَ هذا الغِلافَ لتمتصَّه النَّواة. وإذا كانت النواةُ غيرَ مستقِرّة، فإنّها ستنفلِقُ شَطْرَين. ويُعرفُ هذا بالانشِطار النّوويّ. وينتُجُ عن الانشطار أيضًا نيوترونانِ جديدان أو ثلاثةٌ تصدِمُ بدَورها نُوًى أُخَرَ مسبِّبةً تفاعُلًا مُتَسلسِلًا متعاظِمًا.

يُحاطُ قَلْبُ المُفاعِل بدِرعٍ خرَسانيّ سَميكٍ لامتِصاص الإشْعاع.

يُستخدَمُ المائعُ المُحمّى في إنتاج البُخار.

تُغمَدُ قُضبانُ الوَقود في مادّة، تُعرفُ بالمُهدِّئ، تبطِّئُ سُرعة النيوترونات المُنبَعثة.

يتألّفُ قُضيبُ الوَقود الواحدُ من عِدّة قُرصات.

قُرصةٌ من اليورانيوم أو من ثاني أكسيد اليورانيوم.

يُوجَّهُ البُخار في أنابيبَ لإدارة تُربينات المُولِّدات الكهربائيّة.

يدورُ مائعٌ في قَلْبِ المُفاعِل لِنقْلِ الحرارة الناتجة عن الانشِطار النّوويّ.

يُوجَدُ في قَلْبِ المُفاعِل قُرابةُ ٩٠ ألفًا من قُضبان الوَقود.

المُفاعِلُ النّوويّ

يَحوي قَلْبُ المُفاعِل النّوويّ قُضبانًا من اليورانيوم (هي قُضبانُ الوَقود)، بينَها قُضبانٌ من البُورُون (هي قُضبان التّحكُّم) التي بِمقدورِها امتِصاصُ النيوترونات المُنبَعِثة والتحكُّمُ بسُرعة التفاعُل. الانشِطارُ النوويُّ يُنتِجُ حرارةً تُستَخدَمُ في تبخيرِ الماء، والبُخارُ الناتِجُ يُستَخدَمُ في تدويرِ تُربينات المُولِّدات الكهربائيّة.

النُّفاياتُ النّوويّة

قُضبانُ الوَقود في مُفاعِلٍ نوويّ تُستهلَكُ بعدَ حينٍ وينبغي استِبدالُها. وهي نُفاياتٌ خطِرةٌ عاليةُ الإشعاعيّة. والنُّفاياتُ النوويّة تبقى ذاتَ فاعليّةٍ إشعاعيّة حتى بعد ٢٥٫٠٠٠ سنة، ويجبُ التخلُّصُ منها بحَذَرٍ شديد. ويمكنُ تخزينُها مُركَّزةً في خزّانات من الفُولاذ الذي لا يَصْدأ، مُحاطةً بالخرسانة. أمّا النُّفاياتُ الأكثرُ خطورةً فتُحصرُ داخِلَ كُتَلٍ زجاجيّةٍ يُخطَّطُ لتخزينِها عميقًا في مَناجِمَ مَهجورة تحتَ الأرض.

RADIOACTIVE



تَحوُّلُ الكُتْلةِ إلى طاقة

كُتْلةُ النواتج في تفاعُلٍ نوويّ أقلُّ من الكُتلةِ البَدئيّةِ للمُتفاعِلات - يَعني أنّ جُزءًا من الكُتلة يتلاشى في التفاعُل. وقد بيّنَ ألبرت أينشتين أن الكُتلةَ المُتلاشيةَ تتحوّلُ إلى طاقةٍ بمُقتضَى المُعادلة:

ط = ك س^{2} ، حيثُ «ط» هي الطاقة الناتجة، «ك» الكُتلة المُتلاشية، وَ «س» سُرعة الضَّوء. وحيثُ إنّ قيمةَ «س» كبيرة جدًّا، فإنَّ النّقصَ الكُتْليَّ الضئيلَ يُولِّدُ كمّيّةً هائلةً من الطاقة. إنّ تحوُّلَ كيلوغرام واحدٍ من المادّة إلى طاقة ينتِجُ ما يعادِلُ طاقةَ زِلزالٍ شديد كالذي حصَل في مدينةِ مكسيكو عام ١٩٨٥ وأحدثَ دمارًا فادحًا كما ترى في الصورة.



الأَسْلِحَةُ النَّوويَّة

تكتسِبُ القُنْبلةُ الذَرِّيَّة طاقتَها من الانشِطارِ النَّوويِّ اللّامحكوم. فإذا جُمِعَت كمِّيَّتانِ من نظيرِ اليورانيوم - ٢٣٥ أو نظيرِ البلوتونيوم - ٢٣٩ معًا لتكوين كتلةٍ فوقَ الحَرِجة يحدثُ الانفجار. أمّا القُنبلةُ الهَيْدروجينيَّة فتكتسِبُ طاقتَها من الاندماجِ النوويّ؛ وهي في الواقعِ قنبلةٌ ذرِّيَّة مُحاطةٌ بالديوتريوم. فعندما تنفجرُ القنبلةُ الداخليَّة، تتولَّدُ درجةُ حرارةٍ هائلة تجعلُ نوى الديوتريوم تندمجُ بطاقةٍ أعظم. في الصورة المقابلةِ منظرٌ لمدينة هيروشيما في اليابان بعدما أُسقِطَت عليها قنبلةٌ ذرِّيَّة عامَ ١٩٤٥.

الاندِماجُ النَّوويّ

تكتسِبُ جميعُ النجوم، بما فيها الشَّمس، طاقتَها بالاندماج النوويّ؛ وهو التفاعُل الذي تندمجُ فيه نَواتانِ أو أكثر. ففي الشَّمسِ مثلًا، تندمجُ نَوى الهَيْدروجين لإنتاج نَوى الهِلْيوم، والنَّقصُ الكُتليّ في هذه العَمليَّة يتحوَّلُ إلى طاقة.

تَسْخيرُ الاندماجِ النَّوويّ

حتى الآنَ، لَمّا يُستَخدم الاندماجُ النوويّ عمليًّا على الأرض للحُصول على الطاقة. مُعظمُ الأبحاث الاندماجيَّة النوويَّة تستخدِمُ مَكِنَة تُسمّى «توكاماك»؛ وهي تضمُّ وِعاءً حلقيًّا يحوي الغاز المراد تَدميجه على شكل بلازما. ويجب إحماء البلازما إلى درجة حرارة تبلغ عِدَّة ملايين من الدرجات قبل إحداث الاندماج. وحيث إنه ليس باستطاعة أي وعاءٍ احتمال درجات الحرارة هذه تُستَخدمُ مجالاتٌ مغنطيسيَّة لحصْر البلازما بعيدًا عن جُدران الوعاء.

مُسارِعُ الاندماج

وتُبذَلُ جُهودٌ أُخرى لإنتاج اندماجٍ نوويٍّ مُحكوم في مَكِناتٍ تسمَّى مُسارِعات الحُزَم الجُسَيميَّة التي يُعتبَرُ مُسارِعُ ألبوكيركه، بالولايات المتحدة أعظمها قدرة. هذا المُسارِعُ، المُركَّزُ في خزّانِ ماء، يُوجِّه نبضة كهربائيَّة قُدرتُها ١٠٠ ترليون واط نحو كُرَيَّة من غاز الديوتريوم بحجم حبَّة البسلّى. عند إطلاقِ الحُزْمة يَعْبُرُ سطحَ الماء شررٌ كهربائيَّةٌ تُحمّي الغازَ إلى ملايين درجات الحرارة لبِضعة أجزاءٍ البِليون من الثانية - وهي بَعْدُ غيرُ كافيةٍ لِبَدْء تفاعُل الاندماج، لكنّ البَحثَ والتجاربَ مُستمِرَّة.

الطّاقةُ النوويَّة

١٩٠٥ بيّنَ الفيزيائي الألماني ألبرت أينشتين أنّه يمكنُ تحويل الكتلة إلى طاقة.

١٩١٩ أعلنَ النيوزيلندي آرنست رذرفورد عن فلقه لنواة ذرّة النتروجين.

١٩٣٩ أعلنَ العالمان الألمانيّان أوتو هاهن وفرتز ستراسمان اكتشاف الانشطار النوويّ.

١٩٤٢ بنَى الإيطالي، أنريكو فرمي، أوّل مُفاعل نوويّ في جامعة شيكاغو بالولايات المتحدة.

١٩٥١ توليد كهرباء بالطاقة النوويّة لأوّل مرّة بواسطة مُفاعل مُولِّد اختباري في ايداهو، بالولايات المتحدة.

١٩٥٦ بدأت أول مَحطّة قُدرة نوويّة تجاريّة بالعَمَل في كالدر هول، بإنكلترا.

١٩٨٦ انفجارُ مُفاعِل تشرنوبيل، بروسيا، أطلق سُحُبًا من المواد المشعّة وَصلت إلى أسوج.

١٩٩١ أوّل اندماج نوويّ مُتحكَّم به في مُختبر جت (الطوروس الأوروبي المشترك) في أكسفورد، بإنكلترا.

لِيز مايتْنَر

عَمِلَت ليز مايتنر (١٨٧٨-١٩٦٨)، النمساوية المولد، في برلين منذ العام ١٩٠٧ مع الفيزيائي الألماني أوتو هاهن. وفي عام ١٩٣٨، اضطُرت للفرار من الحُكم النازي إلى أسوج. وبَعْد مُضي بضعة أشهر على وجودها في أسوج، أَعْلَمها هاهن عن بعض نَتائج مُحيِّرة، توَصَّل إليها في إحدى التجارب مع ألمانيّ آخر هو فرتز ستراسمان. فأدركَتْ مايتنر أنّ هاهن قد حَقّق فَلْقَ نواةِ اليورانيوم؛ أي إنّه اكتشفَ الانشطار النوويّ. وعندما أعْلَنَ هاهن الاكتشافَ، لم يُشِر إلّا بقليلٍ من الفضلِ لِفِطنةِ مايتنر ونفاذِ بصيرتها. وفي عام ١٩٤٤، مُنِحَ هاهن جائزةَ نوبل، دونَ أن تقاسِمَه مايتنر ذلك الشرف.

لمزيد من المعلومات انظُر

البِنْيَةُ الذريّة ص ٢٤
النشاطُ الإشعاعي ص ٢٦
السُّرعة ص ١١٨
مَصادرُ الطاقة ص ١٣٤
تحوّلاتُ الطاقة ص ١٣٨
الكَهرباءُ التيّاريّة ص ١٤٨
المغنطيسيّة ص ١٥٤
النُّجوم ص ٢٧٨
حقائقُ ومَعلومات ص ٤٠٨

تحَوُّلاتُ الطّاقة

في التفريغِ البَرْقيِّ تتحوَّلُ الطاقةُ الكهربائيّة بمَشهدٍ مُثيرٍ إلى طاقةٍ ضَوئيّة وصَوتيّة وحَراريّة. والواقِعُ أنَّ تحوُّلاتِ الطاقة من شكلٍ إلى آخرَ جارِيَةٌ حولَنا بٱستمرار. فعندما تضغَطُ زرًّا كهربائيًّا، تتحوَّلُ الطاقةُ الكهربائيّةُ فورًا إلى طاقةٍ ضَوئيّة وحراريّة. والَيراعةُ (يرقانةُ الحُباحِب) تُحوِّلُ الطاقةَ الكيماويَّة في غِذائها إلى طاقةٍ ضوئيَّة وإلى طاقةٍ حركيَّة عندَ الحاجة. وأنتَ حينَ ترفعُ جِسْمًا ثقيلًا، تتحوَّلُ الطاقةُ الكيماويَّة في عَضَلاتِكَ إلى طاقةٍ كامِنةٍ في الجِسْمِ المرفُوع. فكُلّما ازدادَ الشُّغْلُ المَبْذول، تزدادُ الطاقةُ المحَوَّلة.

تغَيُّراتُ الطّاقة

في القَوْسِ المشْدُودةِ طاقةٌ مَرونةٌ كامِنةٌ، كما في نابِضٍ مَضْغُوط. فحينَ يُسَيَّبُ القَوْسُ، تتحوَّلُ الطاقةُ الكامِنةُ فيه إلى طاقةٍ حَرَكةٍ في السَّهْمِ المُنْطَلِق. وعندما يصيبُ السَّهْمُ الهدَفَ، نَسْمَعُ رَطْمَةً؛ لقد تحوّلت طاقةُ الحركيّةُ إلى طاقةٍ صوتيّة، وقليلٍ من الطاقة الحراريّة. الجداريّةُ المصريّةُ أعلاه تُمثِّلُ الفِرعَونَ رَمْسِيس الثاني.

في ساعةِ المُنَبِّه، تتحوَّلُ الطاقةُ الكامِنةُ في الزُّنْبُرك المشدودِ لفًّا إلى طاقةِ حَركةٍ في عقاربِ المُنبِّه، وإلى طاقةٍ صَوتيّةٍ في تكّاتِه. ويظلُّ المُنبِّهُ يعملُ حتى فُقدانِ الطاقةِ الكامِنة في زُنْبُركِه.

إذا أكلْتَ جَزَرةً، تنتقِلُ الطاقةُ الكيماويّةُ المُختزَنةُ فيها إلى جِسْمِك، وتُستَخدَمُ في أنشِطةٍ عديدة كالتنفُّسِ والحَرَكة. وفي تدويرِكَ ساعةَ المنبِّه، تتغيّرُ الطاقةُ الكيماويّةُ هذه إلى طاقةِ مرونةٍ كامِنةٍ في زُنْبُركِ المُنبِّه.

أوراقُ الجَزَرِ الخَضراء تُحوِّلُ طاقةَ الشَّمْسِ الضوئيّةَ إلى طاقةٍ كيماويّة في شكْلِ الجَزَرِ بالتخليقِ الضوئيّ.

تتحوّلُ الطاقةُ النوويّةُ داخلَ الشّمْسِ إلى طاقةٍ حَراريّةٍ وضَوئيّة.

تُطلَقُ بقيّةُ طاقةِ السّهْمِ الناريّ الكيماويّةِ كطاقةٍ ضوئيّةٍ وصَوتيّةٍ عندما ينفجرُ في الجوّ.

سِلْسِلةُ طاقيَّة

هَلْ تَدري أنَّ ساعةَ المُنَبِّه، في حقيقةِ الأمر، تَسْتَمِدُّ قُدرتَها من الشَّمْس؟ إنَّ الطاقةَ نادِرًا ما تتحوَّلُ مُباشَرةً مِن شكلِها الأوَّليِّ إلى شكلِها النهائيّ؛ بل تمُرُّ عادةً في سِلْسِلةٍ من التحوُّلات. فطاقةُ الشَّمْسِ تُنمي الغِذاء؛ وبتناوُلِنا هذا الغذاء نُخلِّفُ مَخْزونًا من الطاقةِ الكيماويّة، في أجسامنا، يُمكِنُنا استخدامُ بعضِه في تدويرِ ساعةِ المُنبِّه. وهذا يُكسِبُ المُنبِّهَ طاقةً كامِنةً يُحوِّلُها بدورِه إلى حَرَكةٍ وطاقةٍ صَوتيّة.

السَّهْمُ الناريُّ، قبْلَ إطلاقِه، يَحوي كمّيّةً كبيرةً من الطاقةِ الكيماويّة، لكنْ لا طاقةَ وَضْع. عند إشْعالِ السَّهْمِ الناريّ ينبَعِثُ منه دَفْقٌ من الغازاتِ الحارّةِ إلى أسفَلَ مِمّا يدفعُهُ بقوّةِ رَدِّ الفِعْل، إلى أعلى.

السَّهْمُ الناريُّ المُنْطَلِقُ إلى أعلى فيه، إلى جانبِ طاقتَي الحَرَكةِ والوَضْع، طاقةٌ كيماويّة. وكلّما ارتفعَ تتزايدُ طاقتُه الكامِنة، لكن ينخفضُ مخزونُه من الطاقةِ الكيماويّةِ باحتِراقِ الوَقودِ فيه.

طاقةُ المُتفَجِّرات

المُتفجِّراتُ مَخزوناتٌ عاليةُ القُدرة من الطاقةِ الكيماويّة. وهي لا تحوي بالضرورةِ طاقةً أكثرَ من غيرِها مِن الموادّ لكنّها تتميّزُ بقُدرتِها على إطلاقِ هذه الطاقةِ بسُرعةٍ فائقة. الأسْهُمُ الناريّةُ تحوي مُتفجِّرات؛ فعندما يُشعَلُ الصاروخُ مِنها، يرتفعُ في الجوِّ ثمّ ينفجرُ في عَرْضٍ بهيجِ الألوان. فالطاقةُ الكيماويّةُ في الموادِّ المُتفجِّرة تحوّلَت إلى طاقةٍ حَرَكيّةٍ وحَراريّةٍ وضَوتيّةٍ وضَوئيّة.



اللُّورد كَلْفِن

وليم طومسون (١٨٢٤-١٩٠٧)، رياضيٌّ وفيزيائيٌّ بريطانيّ، وُلِدَ في بلفاست بإيرلندا الشماليّة. دخلَ جامعةَ غلاسغو في العاشرة من عمره وأصبحَ أستاذًا في الثانية والعشرين. أسْهَمَ في تأسيسِ عِلْمِ الدِّيناميّات الحراريّة، فأرْسى عَلاقاتٍ مُحدّدةً بينَ الحرارةِ والشُّغْلِ والطاقة. كما ٱخترعَ مقياسَ درجةِ الحرارةِ المُطْلَقة - مِقياسَ كَلْفِن - وحَقّقَ اكتِشافاتٍ مُهِمّةً في مجالَي الكهرباءِ والمِغْنَطيسيّة. حَظِيَ بتكريمِ الملِكةِ فيكتوريا فأصبَحَ لَقَبُه اللُّورد كَلْفِن.



بَقَاءُ الطَّاقة

من المَبادِئ الفيزيائيَّة الأساسيَّة أنَّ الطاقة لا تُخلَقُ ولا تَفنى، إنَّما هي تتحوَّلُ (أو تُحوَّل) من شكلٍ إلى آخر. وخلال عمليَّة التحوُّلِ هذه يتبدَّدُ بعضُ الطاقة كحرارة – بحيثُ يبقى مجملُ الطاقة الناتج (مع الحرارة المبدَّدة) مُساويًا لِلطاقة المحوِّلة (أو المتحوِّلة). ويتمثَّل هذا المبدأ في أرجوحةِ نيوتن حيث يضيعُ بعضُ الطاقة، كصوتٍ وحرارة، تدريجيًّا، بينما تستمِرُّ كُرتا الجانبَيْن بالترجُّح المُتقاصِر والصدمِ لِفترةٍ حتى تتوقفا عن الحركة.

الطَّاقةُ المُفِيدَة

يُبدِّدُ القطارُ البخاريُّ بعضَ الطاقة الحراريَّة عَبْرَ مدخنته؛ ومن العَسير استخدامُ هذه الطاقة لِتشغيلِ شيءٍ آخر. فالحرارةُ المُبدَّدةُ طاقةٌ عديمةُ الجدوى وخفيضةُ النوعيَّة. بالمقارنةِ فإنَّ الطاقةَ الكهربائيَّة طاقةٌ مُجديةٌ وعاليةُ النوعيَّة. والمعروفُ أنَّه كلَّما يتغيَّرُ شكلُ الطاقة فإنَّ بعضَ الطاقة العاليةِ النوعيَّة يَضيعُ. وهذا يعني أنَّ كميَّةَ الطاقة المُجديةِ في الكون هي دَومًا في انخِفاض.

البَطَّاريَّاتُ الجافَّة، كتلك المُستخدَمة في مِصباح الجَيْب، تبدِّدُ ١٠ بالمئة فقط من مُحتواها الطاقيّ.

كِفَايَةُ (مَردُود) الطَّاقة

عندما نَستخدِمُ شكلًا من أشكال الطاقة لِلقيام بشُغْلٍ مَا، يتبدَّدُ جُزءٌ من الطاقة دائمًا على شكل حرارةٍ غالبًا. فصَمَجَةُ النُّور مثلًا لا تُحوِّلُ من الطاقة التي تَستهلكُها إلى طاقةٍ ضوئيَّة إلّا قُرابةَ ٥ بالمئة فقط، والباقي يتحوَّلُ إلى طاقةٍ حراريَّة مُهدورة. لذا نقولُ إنَّ كِفايةَ الصمجة هي ٥ بالمئة. والواقعُ، أنَّهُ لا يمكِنُ لأيِّ مُحوِّلِ طاقةٍ أن تكونَ كفايتُه ١٠٠ بالمئة.

صَمَجَةُ المِصْباحِ الكهربائيّ تُبدِّدُ ٩٥ بالمئة من الطاقة التي تَستهلِكُها.

الحَرَكَةُ الدَّائمة

حاولَ الكثيرون على مَرِّ الزَّمن تصميمَ مكناتٍ تعملُ باستِمرارٍ دون مَصدرٍ للطاقة – أي مكناتٍ دائمة الحركة، وهو حلمٌ يستحيلُ تحقيقُه؛ فلا بُدَّ لأيِّ مكنةٍ حقيقيَّة من مَصدرِ طاقة دائم؛ وليسَ هذا فقط، بل إنَّ طاقةَ الدَّخل في أي مكنةٍ هي دائمًا أكبرُ من طاقةِ خَرْجها.

عامَ ١٨٣٤ اقترح أحدُهم تصميمًا لمكنة دائمة الحركة – على افتِراض أنَّ ثِقلَ الكُرات المتحرِّكة على امتداد الأذرع سيُبْقي الدولابَ دائرًا باستِمرار.

الفُرْنُ العاديُّ يستهلكُ طاقةً ثمينةً لإحماء الكَفْت أو المِقلاة.





فُرْنُ الأمواجِ الصُّغْريَّة (الميكروويف) لا يُبدِّدُ طاقةً في إحماءِ الطَّبَق، فهو يُسخِّنُ الطعامَ فقط.

تَوفِيرُ الطَّاقة

يجبُ علينا المحافظةُ على مَصادر الطاقةِ العاليةِ النوعيَّة، كالكهرباء والفحم والغاز الطبيعيِّ والنِّفط، لأنَّ مواردَها محدودة. فاستِخدامُ فُرْنِ الأمواج الصُّغْريَّة (الميكروويف) مثلًا، يُوفِّرُ الطاقةَ لأنَّهُ يستهلكُ طاقةً أقلَّ من الفُرْن العاديِّ في إنضاج الطعام؛ والمنزلُ الجيِّدُ العَزْلِ الحراريِّ يُدفَأُ بكميَّةِ وقودٍ أقلَّ؛ وصيانةُ المكناتِ جيِّدًا كفيلة بجعلِها تعملُ بكفايتِها القُصوى.

لمزيدٍ من المعلومات انظُر

التفاعُلات الكيماويَّة ص ٥٢
الشُّغْلُ والطاقة ص ١٣٢
مَصادِرُ الطاقة ص ١٣٤
الطاقةُ النَّوويَّة ص ١٣٦
الحرارة ص ١٤٠
الكهرباءُ التيَّاريَّة ص ١٤٨
الرَّعدُ والبَرْق ص ٢٥٧
حقائقُ ومَعلومات ص ٤٠٨

الحَرارَة

كَمْ دَرَجةُ الحرارة اليوم؟ لِلإجابة عن هذا السُّؤال بِدِقَّة، يَلْزمُكَ ترمومتر - أي ميزانُ حرارة لِقِياس ذلك. جميعُ التَّرمومترات مُدرجةٌ بمقاييسَ تَسْتَخدمُ نُقْطَتَيْن ثابتتَيْن هما: دَرَجةُ حرارةِ انصِهارِ الجليد، ودرجةُ حرارة غَلَيانِ الماء على ضغطٍ جوّيٍّ عِياريّ. هنالك ثلاثةُ مقاييسَ مُهِمَّة لِدرجة الحرارة هي: مِقْياس سِلْسيُوس ومقياس فَرِنْهَيت والمقياس المُطلَق أو مقياس كَلْفِن. فدرجةُ انصِهار الجليد على مِقياس سِلْسيُوس هي صفر° س، ودرجةُ غَلَيان الماء ١٠٠° س. على مقياس فَرنْهَيت، درجةُ انصِهار الجليد هي ٣٢° ف ودرجة غليان الماء ٢١٢° ف. أمّا مِقياسُ كلفِن فيبدأُ من أدنى درجة حرارةٍ مُمْكِنَة نظريًّا، وهي درجةُ الصِّفْر المُطلَق؛ والدرجةُ فيه مُساويةٌ قَدْرًا لِلدرجةِ في مقياس سِلسيُوس.



التَّرمومتراتُ الطبيعيّة

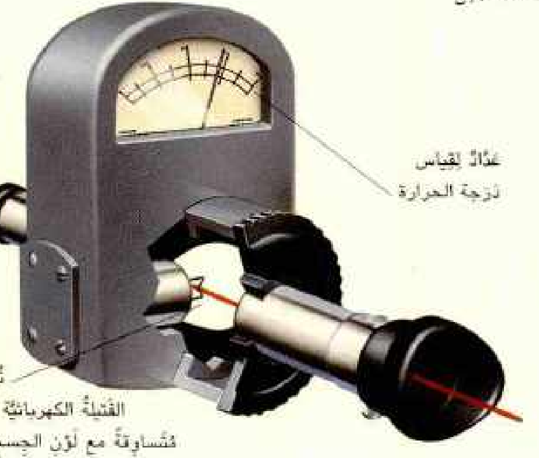
أزهارُ الزَّعفران ترمومتراتٌ طبيعيّة تتفتّحُ وتَنْغلِقُ عند ارتِفاع درجة الحرارة وانخفاضِها. وهي دقيقةٌ للغاية، إذْ تتأثّرُ بفروقٍ ضئيلةٍ في دَرَجةِ الحرارة تبلُغ ٠,٥° س.

الحرارةُ ودَرَجةُ الحرارة

هناك فَرْقٌ بين الحَرارة ودَرَجةِ الحرارة. فدرجةُ الحرارة هي مقياسٌ لِسُرعة تحرُّكِ جُزَيئاتِ الجِسْم. أمّا الحرارةُ فهي طاقةُ الجِسْم المُكْتَسَبة من تحرُّك جُزَيئاته. هناك كمّيّةٌ من الحرارة في جَبَل جليديّ، مثلًا، أكثر بكثير مِمّا في كوبِ ماءٍ حارّ، بالرُّغم من درجة حرارته العالية؛ لأنَّ جبَلَ الجليد، رُغمَ أنّه أبْرَدُ، فهو أكبرُ بكثير

الصُّخورُ المُنْصَهِرة

اللابَةُ المنبثقة من البراكين هي صُخورٌ منصهرة درجةُ حرارتِها تُقارِبُ ٦٠٠° س. الصورةُ أعلاه لبركانٍ في جزيرة هاواي بالمحيط الهادئ.



ترمومتر الكَبْس

تترتّبُ جُزَيئاتُ البِلّورات السّائلة في صفوفٍ منتظمةٍ كما في البِلّورات الجامدة لكنّها تُشابِهُ كالسّائل. بعضُ هذه البِلّورات يتغيّرُ لَوْنُه تبعًا لِدرجة الحرارة، فيُسْتَخدمُ في ترمومترات شريطيّة لأخذ درجة حرارة الأولاد والأطفال. فالحرارةُ تُعيدُ ترتيبَ الجُزَيئات مُيَسِّرةً بذلك مُرورَ الضَّوءِ عَبْرَ السّائل فتتوهَّجُ بلونٍ مُختلفٍ تبعًا لِدرجةِ حرارة الوَلَد.

قِياسُ دَرَجاتِ الحرارة العالية

يُسْتَخدَمُ البِيرُومتر في قِياسِ دَرَجاتِ الحرارة العالية جدًّا كدرجة حرارةِ اللّابَةِ المُنبثِقةِ من البراكين، أو درجةِ الحرارة داخلَ فُرْنِ صِناعة الزُّجاج. بيرومتر لَفظةٌ يونانية تَعني «قياس النّار». تتوهّجُ الأشياءُ بألوانٍ مُختلفة حَسْبَ درجةِ حرارتِها. ويحوي البيرومتر فتيلةً كهربائيّةً يُسخِّنُها تيّارٌ كهربائيٌّ حتى يتساوقَ لَوْنُها مع لَوْنِ الجِسْمِ المُتوهِّج. ثمّ تُقاسُ درجةُ الحرارة بقياس هذا التيّار.

غَبْريال فَرِنْهَيت وأَنْدَرْز سِلْسيُوس

أندَرْز سِلسيُوس

غَبْريال دانيال فَرِنْهَيت (١٦٨٦-١٧٣٦) اخترعَ الترمومتر المعروفَ باسمه. وهو فيزيائيٌّ ألمانيٌّ استقرَّ في أمستردام بهولندا، وامتهنَ صناعةَ الآلات. أمّا أندَرز سِلْسيُوس (١٧٠١-١٧٤٤) فقد اخترعَ المقياسَ المعروفَ باسمه، والمُتميِّزَ بالمدى المئويِّ التدريج لِقياس الفَرْق بينَ نُقطتَي تجمُّد الماءِ وغَلَيانه. كان سِلْسيُوس أستاذًا لِعلم الفَلَك في أُبسالا بأسوج؛ وكان الشَّفَقُ الشماليُّ (الأضواءُ القُطبيّة الشماليّة) مَوْضوعَه المُفضَّل.

تأثيراتُ الحرارة

تتمَدَّدُ مُعظمُ الموادِّ بالتَّسخينِ وتتقَلَّصُ عندما تبرُد. فالجِسْرُ الفولاذيُّ الذي طولُه ١٤٠٠م في الشّتاء يزداد طولُه بحوالي نصف مترٍ في الصيف. عندما تسخُنُ المادةُ تكتسِبُ طاقةً تجعلُ جُزَيئاتِها تتحرّكُ بسُرعةٍ أكبرَ وأبعد، فتَشْغَلُ المادةُ حيِّزًا أكبر. وعند تغيُّرِ درجةِ الحرارة بما فيه الكفاية، تتحوّلُ المادّةُ من حالةٍ إلى حالةٍ أخرى. فإذا سُخِّنَ جامدٌ إلى درجة حرارةِ انصِهارِه، فإنه يتسيَّلُ؛ وإذا سُخِّنَ سائلٌ إلى درجة حرارةٍ عاليةٍ بما فيه الكفايةُ فإنَّهُ يغلي ويتحوّلُ إلى غازٍ أو بُخار.

تَشُدُّ الفِلِّينةُ القِنّينةَ فتمنَعُ انفلاتَ الهواء.

يرتفعُ الماءُ داخلَ الأنبوبِ عند تسخينِ القِنّينةِ بينَ راحتَي اليدَيْن.

الأنبوبُ الزُّجاجيّ يخترِقُ الفِلّينةَ وينغمِرُ في الماء.

تمَدُّد الغازات

تتمدَّدُ الغازاتُ حوالي ١٠٠٠ مَرّةٍ أكثرَ من الجوامِد وَ ١٠ إلى ١٠٠ مَرّةٍ أكثرَ من السوائل. فإذا تضاعفت درجةُ حرارةِ الغازِ المُطلَقة، يتضاعفُ حجمُه. القِنّينةُ أعلاه مُلِئَت إلى نصفِها بالماء البارد وسُدَّت بإحكام، ثمّ سُخِّنت بينَ راحتَي الكَفَّيْن؛ فتمَدَّدَ الهواءُ في داخلها دافعًا الماءَ صُعُدًا في الأنبوب.

لا ترتفعُ درجةُ حرارة الماء أثناء الغليان بالرّغم من مُتابعة التسخين.

الحرارةُ الكامِنة

يمتَصُّ السّائلُ المتحوّلُ إلى بُخارٍ كمّيّةً من الحرارة دونَ أن ترتفِعَ دَرجةُ حرارتِه. هذه الطاقةُ الحراريّةُ تُستخدمُ في تحويل السائلِ إلى بُخارٍ وتُختزَنُ فيه وتُعرَفُ بالحرارة الكامِنة. وعندما يتكثَّفُ البُخار إلى سائل، تُطلَقُ الحرارةُ الكامنةُ، فتُسخِّنُ الوَسَطَ المكثِّف. كذلك تُمتَصُّ الحرارةُ الكامنةُ أيضًا عندما ينصَهِرُ الجامدُ، وتُطلَقُ عندما يتجمَّدُ السّائل.

يتحرّكُ المُؤشِّرُ على المقياس المُدَرَّج.

تُبْرَمُ إبرةُ الحياكة بتمَدُّدِ السّلك ويبرِمُ معها المؤشِّر.

ثِقْلٌ يشُدُّ السّلكَ إلى أسفل.

لهَبُ الشموع يُسخِّنُ السّلك.

طرَفُ السّلك مُثبَّتٌ بإحكامٍ في كتلةٍ خشبيّة.

مِقياسُ التمَدُّد

تُسخِّنُ الشموعُ جانبًا من السّلك الثخين فيتمَدَّد - دافعًا إبرةَ الحياكة على محورِها؛ والإبرةُ بدورانِها تحرِّكُ المؤشِّرَ على المقياس المُدرَّج.

نُحاسٌ أصفر

حديد

بانقِطاع التماسّ يتوقَّفُ التّسخين.

عندما تَسْخُنُ الشريحةُ الثُّنائيّةُ المعدن، يتمدَّدُ النحاسُ أكثرَ من الحديد، فتَنْثَني الشريحة.

ناظِمُ الحرارة

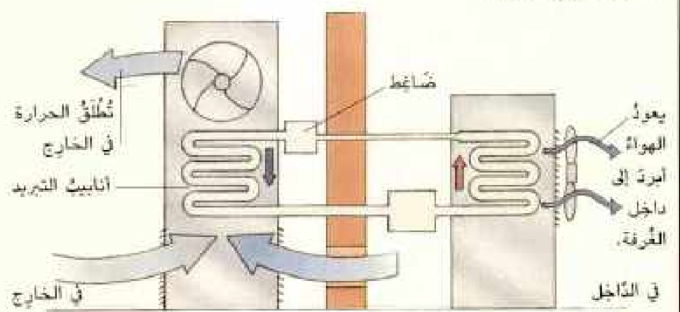
مَسارُ التيّارِ الكهربائيّ إلى السّخّان.

تمَدُّدٌ مُتبايِن

تتمَدَّدُ الفِلِزّاتُ بمُعدّلاتٍ مُختلفة، وتُستَخدَمُ هذه الظاهرةُ في تشغيل الترْموستات التي تُثبِّتُ درجةَ الحرارة. يحوي الترموستات شَريحةً ثنائيّةَ المَعْدِن - غالبًا من النُّحاس الأصفر والحديد. في ترموستات التدفِئة، تنثني الشريحةُ بالإحماء، فتقطَعُ التماسَّ الكهربائيّ عندما تبلُغُ درجةُ حرارةِ الغُرفة الدرجةَ المطلوبة.

مُكَيِّفُ الهواء

مُكيِّفُ الهواءِ يُبرِّد بفعل التبَخُّر؛ فيُسمَحُ للسّائل المُبرِّد بالتبَخُّر متحوّلًا إلى غازٍ داخلَ أنابيبِ التبريد. ويَمْتَصُّ المُبرِّدُ حرارةَ تبَخُّرِه من الهواءِ الذي تسحَبُه المِرْوحةُ من الغُرفة ليُعادَ أبردَ إليها - في حين يُضْغَطُ غازُ المُبرِّد في ضاغِطٍ خارجَ المبنى حتّى يتسَيَّلَ ثانيةً، مُطلِقًا الحرارةَ التي امتصَّها من الهواء داخلَ الغُرْفة.





تخفيفُ الألَم

يُعالَجُ هٰذا الرياضيُّ برذاذٍ، مُلطِّفٍ للألَم، من مادةٍ سريعة التَّبخُّر. وتُمتَصُّ الحرارةُ الكامنةُ اللازمة للتبخُّر من يدِ الرّياضيّ فتَبْرُدُ، ويَخِفُّ الألَم. وبالطريقةِ نفسِها يُبَرِّدُكَ التعَرُّقُ لأنّ تبَخُّرَ العَرَقِ يمتَصُّ الحرارةَ من جِسمِك.

لمزيدٍ من المعلومات انْظُر

تغيُّراتُ الحالة ص ٢٠
النظريّةُ الحركيّةُ ص ٥٠
سُلوكُ الغازات ص ٥١
الألوان ص ٢٠٢
البَراكين ص ٢١٦
حقائقُ ومعلوماتٌ ص ٤٠٨

انتِقالُ الحرارة

إذا كنتَ على مَقْرُبَةٍ من نارٍ أو مدفأة، تسري الحرارةُ إلى جسدك من الوَسَط المحيط. أمّا إذا كنتَ خارجَ البيت في يوم قارِس، فالحرارةُ تنبعِثُ من جَسدكَ إلى الهواء حَواليك. تنتقِلُ الحرارةُ دائمًا مِن الجِسْم الحارِّ إلى الجِسْم البارد، أو من الجُزْءِ السَّاخِن من جِسْمٍ إلى جُزْئه البارِد. والحرارةُ تنتقِلُ بطُرُقٍ ثلاث هي: الحَمْل (الحراري) والتَّوصيل والإشعاع. فالحَمْلُ هو انتِقال الحرارةِ بتيّارات الحَمْل صُعُدًا في السَّوائل والغازات، لأنَّ الجُزَيْئات التي تسخنُ تقلُّ كثافتُها فترتفعُ لِتَحلَّ محلَّها جُزيئاتٌ أثقلُ منها. أمّا التوصيلُ فهو انتِقال الحرارةِ في الجوامِدِ بعيدًا عن مَصدرِها. فعندما يَسْخُنُ جُزْءٌ من الجامِد، تشتدُّ ذبذبةُ جُزَيْئاته، فتصطدِمُ بالجُزَيْئات المجاورةِ وتنقُلُ إليها طاقتَها. الإشعاعُ هو طريقةُ انتِقالِ الحرارة عَبْرَ الفَرَاغ بأمواجٍ كَهْرمِغْنَطيسيَّة؛ وبواسطتِه تصلُ حرارةُ الشَّمْس إلى الأرض.

يُحشى فراغُ الجدار برَغاوة البوليستيرين

زجاجٌ ليفيٌّ عازِلٌ في السقف والعِلّيّة

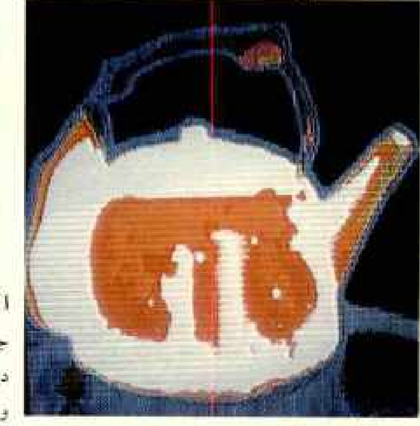
هواءٌ مُحْتَبِسٌ في الفُسْحة تحت ألواح الأرضيّة

هواءٌ مُحْتَبِسٌ بين لَوحي الزجاج في النوافذ المُزدوجةِ الترجيج

السجّادُ يُغطّي الأرضيّة

توفيرُ الحرارة

الحرارةُ تتسرَّبُ من المباني بسُهولة. ثُلْثُ هذه الحرارة، أو أكثرُ قليلًا، يُفقَدُ عبرَ الجُدران، والرُّبْعُ من السَّقف، والباقي عَبْرَ النّوافذِ والأرضيّات. ولِتقليلِ هذا الفقدِ إلى الحدّ الأدنى، ينبغي تجهيز المباني جيّدًا بوسائلِ العَزْلِ الحراريّ.



الإشعاع

جميعُ الأجسام تبَعثُ إشعاعاتٍ حراريّةً تتزايدُ بازدياد درجة حرارةِ الجِسْم. وتَسْري هذه الإشعاعاتُ، وتعرَفُ بالأشعةِ دون الحمراء، بسُرعةِ الضوء، لكنّ طولَها الموجيّ أكبَرُ. وهي، كما الضوء، تنعكِسُ عن السُّطوح الصقيلةِ وتمتصُّها السُّطوحُ الداكنة. وهذه الإشعاعاتُ لا تُرى، لكنّ بعضَ الكاميرات تستطيعُ التِقاطَ صُوَرٍ بها على أفلام خاصّة تُدعى الصُّوَرَ الفوتوغرافيّة الحراريّة. وتُستَبانُ شِدّةُ الحرارة المُشِعّة من تبايُنِ ألوانِ الصورة - أشدُّها وأسخنُها يبدو باللَّوْن الأبيض.

فِلزٌّ - مُوَصِّلٌ جيّد للحرارة.

الخشب - مُوَصِّلٌ رديءٌ للحرارة.

المُوَصِّلاتُ الرديئة لا تبدو باردةً لِلَّمْس لأنها لا تمتَصُّ الحرارة بِسُرعةٍ من اليد.

الرُّخام - مُوَصِّلٌ جيّدٌ للحرارة.

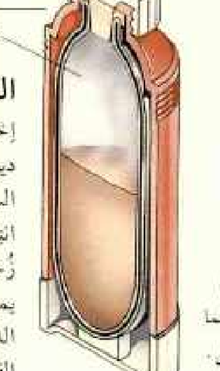
اللدائن - مُوَصِّلاتٌ رديئةٌ للحرارة.

التَّوصيل

تختلفُ مُوَصِّليّةُ الموادّ لِلحرارة باختِلاف طبيعتها. الفِلِزّاتُ هي أفضلُ المُوَصِّلات. لذا تصنَعُ القُدورُ من الفِلِزّات، كالنحاس والألومنيوم، كي تسخُنَ بِسُرعة، لكنّ مقابضَها تُصنَعُ من الخشب أو اللدائن لأنّها رديئةُ التوصيل أي عازلةٌ للحرارة. الماءُ أيضًا مُوَصِّلٌ رديءٌ للحرارة؛ وكذلك الفِلّين والزُّجاج الليفيّ لأنّهما يحتَبِسانِ الكثيرَ من الهواء. والغازاتُ أردأُ الموادّ توصيلًا للحرارة.

الحَمْل (التصعُّدُ الحراري)

عندما تَسْخُنُ اليابِسَةُ، تَسْخُنُ الهواءُ فوقَ سطحِها ويَرتفِعُ الهواءُ السّاخن لأنّه يتمدَّدُ ويُصبحُ أقلَّ كثافة، فيَهْبِطُ الهواءُ البارِدُ ليَحُلَّ محَلَّه. وهكذا تتكوّنُ تيّاراتٌ مُستمِرّةٌ من الهواء الصاعِدِ والهابطِ تُدعى تيّاراتِ الحَمْل (التصعُّد الحراري). وتستخدِمُ الطائراتُ الشراعيّةُ والطيورُ هذه التيّاراتِ الحراريّةَ الصاعدةَ لِترفعَها عاليًا في الهواء.



الكظيمة (القارورة الخوائيّة)

إختَرَعَ الكظيمةَ العالِمُ الأُسكتلنديُّ، جيمس ديوار (١٨٤٢-١٩٢٣). وهي تحفظُ الشرابَ الساخنَ ساخِنًا، والبارِدَ بارِدًا، لأنّها تمنعُ انتِقالَ الحرارة. تتألّفُ الكظيمةُ من قارورةٍ زُجاجيّةٍ مُزدوجةِ الجُدران. فالفراغُ بين الجُدرانِ يمنعُ التوصيلَ والحَمْلَ. والجدرانُ المفضَّضةُ الداخلِ تمنعُ الإشعاعَ، والسِّدادُ اللدائنيُّ أو الفِلّينيُّ عازِلٌ جيّدٌ للحرارة.

التلاؤم المُناخيّ

أشكالُ وألوانُ الكثيرِ من الحيوانات تُلائمُ بيئاتِها المُناخيّة. فثعلبُ الفَنَك (المُسمّى كلبَ الصحاري في شمال إفريقيا وسيناء)، مثلًا، لا تمتصُّ فروتُه الصفراءُ الناصِلةُ اللون كثيرًا من الإشعاع الحراريّ أثناء النّهار؛ كما تعملُ أُذُناه الكبيرتانِ على نقلِ الحرارة إلى الهواء بالحَمْل. وأثناءَ بَرْدِ الليل الصحراويّ تحتبِسُ فروةُ الفنك من الهواء ما يكفي لمنع فِقدانِ الكثير من حرارةِ جِسْمِه بالتوصيل.

لمزيد من المعلومات انظر

الحرارة ص ١٤٠
الطّيفُ الكهرمغنطيسيّ ص ١٩٢
الرِّياح ص ٢٥٤
تكَوُّنُ السُّحُب ص ٢٦٢
الصَّحارى ص ٣٩٠
حقائقُ ومَعلومات ص ٤٠٨

المُحرِّكات

الصَّارُوخُ أقوى المُحرِّكات؛ فهو يستطيعُ رَفْعَ عربةٍ فضائيّةٍ ثقيلةٍ عن الأرضِ وإطلاقَها إلى الفَضاء. الطّائراتُ والسيّاراتُ والسُّفنُ والدرّاجاتُ الناريّةُ ومَكناتٌ كثيرةٌ أخرى تُسَيَّرُ بمُحرِّكاتِ البنزين أو بمحرِّكاتِ الديزل. وبدونِ هذه المحرِّكاتِ كُنّا نظلُّ نعتمِدُ على قُوانا الذاتيّةِ أو على قُوى الحيواناتِ في النَّقْلِ والصِّناعة. المُحرِّكاتُ تحوِّلُ طاقةَ الوَقُودِ إلى حَرَكةٍ بفِعلِ تمدُّدِ الغازِ السّاخن؛ فيُحرَقُ الوَقُودُ لإحماءِ الغازِ ويُسخَّرُ تمدُّدُ الغازِ في تدويرِ المكنات. بعضُ المحرِّكاتِ مجهَّزٌ بمكابسَ تتحرَّكُ جيئةً وذهابًا داخلَ أُسطواناتٍ، وتعرَفُ هذه بالمُحرِّكاتِ التّردُّدِيّة؛ وبعضُ المحرِّكاتِ عديمُ المكابِس.

يتحكّمُ عمودُ إدارةِ الكاماتِ في فَتْحِ الصّمّاماتِ وغَلْقِها.

تُفتَحُ الصّمّاماتُ لإدخالِ الوَقودِ إلى أُسطوانةِ المحرّكِ ولإخراجِ العادمِ (المُستَنفَدِ) منها.

يُديرُ السَّيْرُ مضخّةَ الماء.

يُغذّي المُوزِّعُ شمعاتِ الإشعالِ بكهرباءٍ عاليةِ الفُلطيّة.

مَجاري ماءِ التبريد.

يفصلُ القابضُ (الكلَتش) المحرّكَ عند تغييرِ السّرعة.

يُديرُ العمودُ المِرفَقيّ الدواليبَ عن طريقِ القابضِ وعُلبةِ التُّروس، وهو مُتّصلٌ بعمودِ إدارةِ الكاماتِ بحيثُ تُفتَحُ الصّماماتُ وتُغلَقُ في الوقتِ الصّحيح.

المكابسُ وأذرُعُ التوصيلِ تُديرُ العمودَ المِرفقيّ.

سَيْرُ المِرْوَحةِ يُديرُ مِرْوَحةَ التبريد.

شمعةُ إشعال

١. شوطُ السَّحْبِ – يَهبطُ المِكبسُ ساحبًا مزيجَ الوَقودِ والهواءِ عَبْرَ صِمامِ الإدخالِ المفتوح.

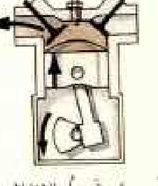
٢. شوطُ الانضغاطِ – يَصعدُ المِكبسُ ضاغطًا المزيجَ الوَقوديّ. كِلا الصّمامَين مُقفَلان.

٣. شوطُ القُدرةِ – تُشعِلُ شمعةُ الإشعالِ المزيجَ؛ فيدفعُ الوَقودُ المتفجّرُ المِكبسَ إلى أسفلَ بقُوّة.

٤. شوطُ الانفلاتِ – يصعدُ المِكبسُ دافعًا الوَقودَ المُستَهلَكَ عَبْرَ صِمامِ الانفلاتِ (العادمِ) المفتوح.

مُحرِّكُ الاحتراقِ الدّاخليّ

يُدعى مُحرِّكُ السيّارةِ مُحرِّكًا داخليَّ الاحتراقِ لأنَّ الوَقودَ يحترقُ داخلَ أُسطوانة. ومعظمُ هذه المُحرِّكاتِ رُباعيُّ الأشواطِ أي ينتِجُ قُدرتَه في أربعةِ أشواطٍ للمِكبس. ويتراوحُ عددُ مكابسِ المُحرِّكِ الواحدِ ما بينَ أربعةٍ وثمانية، تتحرّكُ تعاقبيًّا لتُنتِجَ قدرةَ خَرْجٍ مُتواصِلة.



فُتحةُ الانفلاتِ (العادمِ)

أُسطوانة

مِكبَس

فُتحةُ الانتقال

١. يصعدُ المِكبسُ، ساحبًا مزيجَ الوقودِ إلى القِسمِ السُّفليّ من المُحرّكِ وضاغطًا الوقودَ المتواجدَ في الأسطوانة. وعندما يكونُ المزيجُ الوقوديُّ في كاملِ انضغاطِه، تفجّرُه شرارةٌ من شمعةِ الإشعال.

٢. يهبطُ المِكبسُ، دافعًا وقودًا جديدًا إلى داخلِ الأسطوانةِ عَبْرَ فُتحةِ الانتقال. ثمّ يُدفَعُ الوقودُ المُستهلَكُ إلى الخارجِ عَبْرَ فُتحةِ الانفلات.

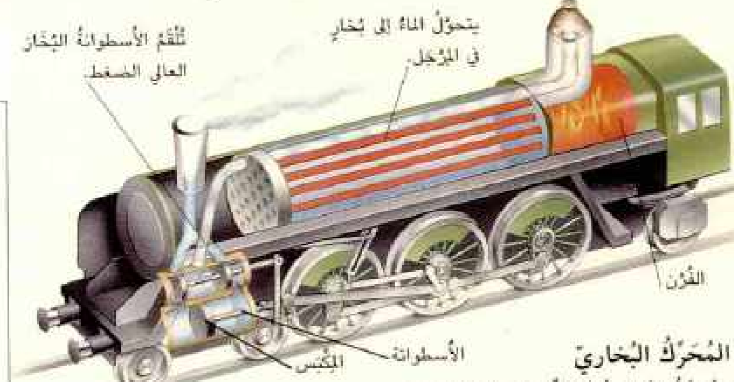


المُحرِّكُ الثُّنائيُّ الشّوط

مُحرِّكاتُ الدرّاجاتِ النّاريّةِ ثُنائيّةُ الشّوطِ صغيرةٌ وقَويّة، لكنّ كثيرةُ الضجيج. وهي عديمةُ الصّمّامات إذ بدلَ الصمامَين هناكَ فُتحتانِ في جدارِ الأسطوانةِ يفتحُهما ويُغلِقُهما تعاقبيًّا تحرُّكُ المِكبس.

يتحوّلُ الماءُ إلى بُخارٍ في المِرْجَل.

تُلقَمُ الأسطوانةُ البُخارَ العاليَ الضغط.



جـورج ستيفنسون

القاطرةُ البُخاريّةُ الناجحةُ الأولى كانت من صُنعِ المهندسِ البريطانيّ جورج ستيفنسون (١٧٨١–١٨٤٨). بدأ ستيفنسون حياتَه العمليّةَ كخبيرٍ لصيانةِ المُحرّكاتِ والمضخّاتِ في المناجمِ قُربَ نيوكاسل بإنكلترا. وفي العامِ ١٨٢٥، أسّسَ مصنعًا لِلقاطراتِ حيث صَمّمَ وبَنى أوّلَ قاطرةٍ استطاعت جرَّ قطارٍ للرُّكّابِ على أوّلِ سِكّةِ حديدٍ عامّةٍ في العالَمِ بينَ دارلنجتون وستوكتن. أمّا أشهرُ قاطراتِه المُسمّاةُ «الصّاروخ»، فقد فازت في مُباراةِ عامِ ١٨٢٩ حيث بلغت سرعتُها ٤٦كم/سا، واستُخدمت بعدئذٍ على الخطِّ الحديديِّ بين ليفربول ومانشستر.

المُحرِّكُ البُخاريّ

المُحرِّكُ البُخاريّ مُحرِّكٌ خارجيُّ الاحتراقِ لأنَّ الوَقودَ فيه يحترقُ في فُرْنٍ خارجَ الأسطوانة. تَسْري الغازاتُ الحاميةُ الناتجةُ عن احتراقِ الفَحْمِ، عَبْرَ المِرْجَلِ فيتحوّلُ الماءُ أوّلًا إلى بُخار، ثُمَّ يُحمّى البُخارُ حتى يبلُغَ ضغطًا ودرجةَ حرارةٍ عاليَيْنِ قبلَ غَذْوِ الأسطوانةِ به حيث يتمدّدُ دافعًا المِكبسَ بتمدُّدِه. وفي القاطرةِ تنتقِلُ حركةُ المِكبسِ بواسطةِ مجموعةٍ من الأذرُعِ إلى الدواليب.

يتبع

يندفعُ الصّاروخُ قُدُمًا كردِّ فِعْلٍ لانبثاق الغازاتِ المُندفعةِ خلفًا.

وَقُودٌ سائل

مُؤكسِد

مِضَخّة

صِمامات

حُجرةُ الاحتراق

غازاتٌ ساخِنة

الصّاروخ

الصّاروخُ أبسطُ أنواعِ المُحرِّكات، فهو يحرِقُ الوقودَ في حجرةِ احتراقٍ مُنتِجًا غازاتٍ ساخنةً تتمدّدُ مُتدفّقةً إلى الخارج عَبْرَ مَنْفَثٍ في أسفلِه، فتدفعُه بقوة رَدِّ الفِعْلِ صُعُدًا بِسُرعة كبيرة. تُطلَقُ بعضُ السُّفنِ الفضائيّةِ باستخدام صواريخَ مُعزِّزة، تعملُ بالوَقود الجامد، شبيهةٍ بالأسهم الناريّة العملاقة. وتَستخدِمُ صواريخُ أُخرى وَقُودًا سائلًا، كالكيروسين، يُحرَقُ مع سائلٍ آخر يُدعى المُؤكسِد. مَكُّوكُ الفضاء ذو ثلاثةِ مُحرِّكاتٍ صاروخيّة تعملُ بالوَقود السّائل، وتُحرِقُ مجتمعةً ٩٨ طنًّا من الوَقُود في الدقيقة.



تطوُّرُ المُحرِّكات

١٧١٢ صَنَعَ توماس نيوكومِن أوّلَ مُحرِّكٍ بُخاريٍّ يَستخدِمُ أسطوانةً ومِكبَسًا.

١٧٦٥ صَنَعَ جيمس واط مُحرِّكًا بُخاريًّا أقوى من مُحرِّكِ نيوكومِن بستِّ مرّات.

١٨٠٠ صَنَعَ ريتشارد تْريفيتيك أوّلَ مُحرِّكٍ بُخاريٍّ عالي الضغط.

١٨٦٠ صمّمَ إتيان لِينوار أوّلَ مُحرِّكٍ داخليِّ الاحتراق، مُستخدمًا مزيجًا من غازِ الفَحْم والهواء كوَقود.

١٨٧٧ طوّرَ نيقولاوس أوتّو المُحرِّكَ الرُّباعيَّ الأشواط.

١٨٨٣ صَنَعَ غوتليب دِيمْلَر أوّلَ مُحرِّكٍ بنزينيّ.

١٨٨٤ صَنَعَ تشارلز بارسونز أوّلَ تُربينٍ بُخاريٍّ لِتوليدِ الكهرباء.

١٩٢٦ أطلقَ رُوبِرت غودارد أوّلَ صاروخٍ بوَقُودٍ دَسِرٍ سائل.

١٩٣٠ سَجّلَ فرانك هُويتِل براءةَ اختراعِ المُحرِّكِ النّفّاث.

تُثبَّتُ أرياشٌ مستقرّةٌ في الجدار الداخليِّ لِتوجيه البُخار بدقّةٍ نحو أرياشِ كُلِّ دولابٍ بالزاوية الصحيحة.

دُخولُ البُخار

الأرياشُ المركزيّة، حيثُ ضغطُ البُخار الأعلى، أصغرُ من الأرياش الطَّرَفيّة.

خروجُ البُخار.

التُّربينُ البُخاريّ

التُّربينُ في أبسطِ أشكاله دولابٌ ذو أرياشٍ مُركَّبٌ على مِحْور، فيُمكِنُ إدارتُه بالغاز أو البُخار أو الماء. تُستخدَمُ التُّربينات البُخاريّةُ في مَحطّات القُدرة؛ حيثُ يندفعُ البُخارُ العالي الضغط بمواجهة الأرياش لِيُديرَ التُّربينَ المتّصِلَ بالمُولِّد الكهربائيّ. والتربيناتُ المتعدّدة المراحلِ هي الأكثرُ كِفايةً لأنّها تستنفِدُ تقريبًا كاملَ طاقةِ البُخار.

تَزيدُ الضواغطُ المِروحيّةُ ضغطَ الهواء وتدفعُه إلى حُجرة الاحتراق.

تَشفُطُ المِروحةُ المُدوِّمةُ الهواءَ إلى الدّاخل.

حجرةُ الاحتراق

الهواءُ السّاخنُ وغازاتُ العادِم تندفقُ إلى الخارج فوقَ التُّربين.

بعضُ الهواء يمُرُّ مُجانِبًا الجُزءَ الرئيسيَّ للمُحرِّك.

المُحرِّكُ النّفّاث

مُعظمُ الطّائرات الحديثةِ العالية السُّرعةِ مُجهَّزٌ بمُحرِّكاتٍ نفّاثة. في المحرِّك النّفّاث، تَشفُطُ المراوحُ المُدوِّمةُ في مقدمة المُحرِّكِ الهواءَ إلى داخله – حيثُ تَضغَطُه مَراوِحُ أُخرى دافعةً إيّاه، على ضغطٍ عالٍ، إلى حجرة الاحتراق. وهنا يَحمو الهواءُ بالوَقودِ السّائل المُلْتَهِب، فيتمدّدُ ويندفعُ نحو مُؤخَّرةِ المُحرِّك؛ وباندفاقه العنيف إلى الخارج، يُدوِّمُ تُربينًا يُديرُ المراوحَ في المُقدِّمة. في المُحرِّكِ المِروحيِّ التُّربينيّ، المُبيَّن أعلاه، يَسْري بعضُ الهواء عَبْرَ مَسْربٍ حَوْلَ الجُزءِ الرئيسيِّ لِلمُحرِّك، مُعزِّزًا كمّيّاتِ الهواء المُتدفّق ممّا يُكسِبُ المُحرِّكَ دَفْعًا إضافيًّا.

فَرانْك هويتِل

المهندسُ وطيّارُ الاختبار الإنكليزيُّ فرانك هويتِل (المولود عام ١٩٠٧) اخترعَ المُحرِّكَ النّفّاث عام ١٩٢٩. وقد حاول عبثًا إقناعَ وزارة الطيران البريطانيّة بفاعليّة مُحرِّكه؛ فما كان منه إلّا أنْ أسّسَ شركتَه الخاصّةَ لِتصنيع المُحرِّكِ الجديد. وبالفِعل تمّ له صُنعُ أوّلِ مُحرِّكٍ نفّاث واختبارُه على الأرض سنة ١٩٣٧. وفي العام ١٩٤١، حلّقت طائرةٌ اختباريّةٌ أوّلَ طيرانٍ لها بمُحرِّك هويتِل.



الدَّفْعُ النّفّاث

هذه السيّارةُ الدُّمْيةُ تَستخدِمُ الدَّفْعَ النّفّاث لتنطلقَ بِسُرعةٍ فوقَ أرضيّةِ الغُرفة. فعند فتح صِمامٍ خاصّ، يندفعُ الهواءُ إلى الوراء عَبْرَ رقبة البالون المربوط بالسيّارة والمُعَبّأ بالهواء، دافعًا السيّارةَ إلى الأمام.



لمزيد من المعلومات انظر

سُلوكُ الغازات ص ٥١
القُوى والحَرَكة ص ١٣٠
الشُّغلُ والطّاقة ص ١٣٢
مصادر الطّاقة ص ١٣٤
المُحرِّكاتُ الكهربائيّة ص ١٥٨
الصّواريخ ص ٢٩٩

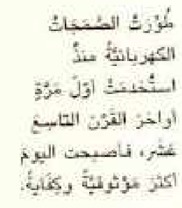
الكَهْرباءُ والمِغْنَطيسِيَّة



الكهرباءُ، ترافقُها المغنطيسيَّةُ غالبًا، أصبحت ضرورةً يوميَّةً في مختلف مَجالاتِ العمل والحياةِ حوالينا؛ وهي في الواقعِ غيَّرت نمطَ حياتِنا بالكامل. المولِّداتُ تُوَلِّدُ الكهرباءَ من حركةِ مِلَفَّاتِها في مَجالٍ مغنطيسيّ، فتُوفِّرُ لنا الحرارةَ والنورَ بضغطةِ زرّ. والمُحرِّكاتُ الكهربيَّةُ تحوِّلُ التأثيراتِ الكهربائيَّةَ في مجالاتٍ مغنطيسيَّةٍ إلى حركةٍ تُديرُ لنا المكناتِ من مثاقبَ وغسّالاتٍ وآلاتٍ مُختلفةٍ بجُهدٍ قليلٍ منّا. والإلِكترونيّاتُ بِمُقوِّماتِها التحكُّميَّة تُيَسِّرُ لنا استِخدامَ الكهرباء والمغنطيسيّة (الكهرمغنيطيّة) بأشكالٍ متعدِّدة في تِقنيّات الراديو والرادار والحواسيب

طاقةٌ مُتعدِّدةُ الاستِعمالات

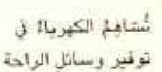
تُوَلَّدُ الكهرباءُ وتُنْقَلُ بسُهولةٍ إلى حيثُ يُحتاجُ إليها، لِتُحوَّلَ إلى أشكالٍ أخرى من الطاقة. ففي مَكْتبٍ مثلًا، تُحوِّلُ المِروحةُ الكهرباءَ إلى حَرَكة، كما تُحوِّلُ ضَمَّةُ المصباح الكهرباءَ إلى ضَوء. ويُحوِّلُ جهازُ التلفون الكهرباءَ إلى أصوات، كما يُحوِّلُ أيضًا الأصواتَ إلى كهرباء. أمّا الحاسُوبُ فيُحوِّلُ المورِدَ المُطَّرِدَ من الكهرباء إلى نَبَضاتٍ تُنَفِّذُ وَظائفَه.



طُوِّرَتْ المَصابيحُ الكهربائيَّةُ منذُ استُخدِمَتْ أوّلَ مرَّةٍ أواخرَ القرْنِ التاسعَ عشَر، فأصبحت اليومَ أكثرَ مَوْثوقيَّةً وكِفايةً.

الإلِكترونيّات في العِناية الفائقة

المَرضى الذين يُعانونَ من عِلَلٍ خطيرة يحتاجونَ غالبًا إلى مُراقبةٍ مُستمِرَّة في المستشفى. وبدلًا من مُمَرِّضاتٍ يلازِمْنَ أسِرَّةَ هؤلاء، تُستخدَمُ المُعدّاتُ الإلِكترونيّةُ لمُراقبة أوضاعهم. فإذا حدَثَ تبدُّلٌ خطيرٌ في معدَّلِ تنفُّسِ المريضِ أو خفقانِ قلبه، تطلق تلك الأجهزةُ نذيرًا لاستِدعاء الممرضاتِ والأطباء لمُعالجةِ ذلك.



تُساهِمُ الكهرباءُ في توفيرِ وسائلِ الراحة في محيطنا. فالمُحرِّكُ في مِرْوحةٍ كهربائيّةٍ يُدَوِّمُ أرياشَها لتبتعثَ تيّارًا هوائيًا وتُجدِّدَ الهواء.



حَجَرُ المِغْنَطيس

حَجَرُ المِغْنَطيس مَعْدِنٌ طبيعيُّ المَغْنَطة؛ وهو شكلٌ من خام الحديدِ المعروف بالمغنتيت (أكسيد الحديد المِغْنَطيسيّ). تتمغنَطُ بُرادةُ الحديد بالقُرب من حَجرِ المغنطيس فتنجذِبُ إليه وتَلْتَصِقُ به. وقد استخدمَ بعضُ الملّاحينَ القُدماءِ القطعةَ المشكَّلةَ من هذا المَعدن مُعلَّقةً من طَرَفِ خيط، كَبُوصلة.

جهازُ التلفونِ الحديثُ يؤدّي عملَ الهاتفِ العاديّ إضافةً إلى ذاكرةٍ إلكترونيّة، تختزنُ أرقامًا تلفونيّةً عديدة، تُمَكِّننا من طلبِ أيٍّ منها بكَبْسةِ زرّ.

حتّى مُنتصفِ السبعينيّات من القرنِ العِشرين، لم يشاهِدِ الحاسوبَ إلّا قِلَّةٌ من الناس. أمّا اليوم، فالحواسيبُ مألوفةٌ ومُنتشرةٌ في كُلِّ مكانٍ تقريبًا. مَبادئُ الحَوْسَبة كانت قد وُضِعت منذ أكثرَ من ١٥٠ سنة؛ لكنَّه كان من غيرِ المُمكِنِ صُنعُ الحواسيبِ الإلكترونيّة وجعلُها في متناولِ الجميع، قبلَ جَعْلِ الدّاراتِ المُعقَّدة صغيرةً بما فيه الكفاية.

حاسِبةُ الجَيْبِ الحديثةُ الرخيصة كانت ستدهِشُ العُلَماءَ في مَطْلَعِ الخمسينيّات من هذا القرْن. فلِصُنعِ حاسبةٍ تقومُ بعملها حينئذٍ كان يقتضي استخدامَ صِماماتٍ ومُقَوِّماتٍ ضخمة، تملأُ غرفةً بكاملها.

المغانِطُ الحديثة

بَعْدَ تعرُّفِ الطبيعةِ المغنطيسيَّة، صارَ من المُمكِنِ صُنْعُ مغانطَ قويّةٍ من الفُولاذِ بأشكالٍ مُتنوِّعة. تُصنَعُ أفضلُ المغانطِ من سبائكَ فولاذيّةٍ مُصمَّمةٍ خِصّيصًا لحفظِ مِغْنَطيسيَّتِها.

الدَّبابيسُ الفُولاذيّةُ تتمغنَطُ مؤقّتًا بالمغنطيس فيلتقطها.



الكهرباءُ قديمًا

حوالى العام ٦٠٠ق.م. إكتشفَ الفيلسوفُ الإغريقيُّ طاليس أنَّ حَكَّ قِطعةٍ من الكَهْرَمانِ بقطعةِ قماشٍ يجعلُ الرّيشَ والأجسامَ الخفيفةَ الأخرى تنجذبُ إليها وتلتصقُ بها. ونحنُ نعلمُ اليومَ أنَّ كهرمانةَ طاليس كانت قد شُحِنَتْ كهربائيًا بالاحتِكاك. وجديرٌ بالذِّكر أنَّ كلمة «كهرباء» مُشتقَّةٌ من الكلمة اليونانيّة للكهرمان – وهي الإلكترون.



«الكَهْربيّات» و«اللاكَهْربيّات»

قامَ وِلْيَم جِلْبِرت (١٥٤٤-١٦٠٣) بأعمالٍ بارزةٍ في حقْلَي المِغْنَطيسيّة والكهرباء؛ فقد بيَّنَ أنَّ الأرضَ لا بُدَّ أن تكونَ مِغْنَطيسًا ضخمًا كي تُؤثِّرَ في توجُّهِ البُوصلات. كما أدركَ الفَرْقَ بين المُوصِّلات والعازِلات الكهربائيّة وأسماهما «الكهربيّات» و«اللاكهربيّات».

الكَهْربائيَّةُ السَّاكِنة

الفَرقعةُ التي تَسمعُها أحيانًا عندما تخلَعُ كَنْزَتَكَ بسَحبِها عَبْر رأسِكَ هي تفريغٌ كهربائيٌّ من الكهربائيّة السَّاكِنة؛ وإذا كُنتَ في ظُلمةٍ فقد يُمكِنُكَ مُشاهدةُ وَمضاتِ التفريغ أيضًا. الكهربائيَّةُ السَّاكنة كهرباءُ احتكاكيَةٌ غيرُ سارِيَة، والفَرقعاتُ والوَمضاتُ هي تفريغٌ كهربائيٌّ فُجائيُّ الانطلاق. أحيانًا تُحِسُّ بصَدمةٍ كهربائيَّةٍ عند لمسِ كُعْبُرةِ الباب لأنَّ الكهربائيَّةَ السَّاكنة المُتراكِمةَ في جسَدِك تنطلِقُ فجأةً من يَدكَ إلى الكُعبرة. والبَرقُ هو تفريغٌ كهربائيٌّ ضخمٌ بين سحابتَيْن أو بين سَحابةٍ والأرض. والكهربائيَّةُ السَّاكِنةُ تتحشَّدُ بالاحتِكاك عند دَلْكٍ أو احتِكاكِ مادَّتين مُختلِفتين معًا.

إذا دلَكْتَ بالونًا بكَنْزَتِك، فإنه يميلُ إلى الالتِصاق بها، لأنَّ الدَّلْكَ يُكسِبُ كُلًّا منهما شِحنةً مُضادة.

الحَتُّ الإلِكتروسْتاتي (الكَهروسْكوني)

إذا دلَكْتَ مِلعقةً لَدائنيَّةً على ثيابِكَ تُكسِبُها شِحنةً كهربائيَّةً سالِبة. قرِّب المِلعقةَ المشحونة من مَسالِ ماءِ الصنبور، ولاحِظ انحرافَ مَسالِ الماء نحوَ المِلعقة! إنَّ الشِّحناتِ السالِبةَ على المِلعقة تشحَنُ مسالَ الماء بالتأثير مُنافِرةً الشِّحناتِ السالِبةَ في الجانب المُقابِل لها، جاعلةً إياه مُوجَبَ الشِّحنة، فينجذِب نحوها - في حين يُصبِحُ جانبُ المَسال الأبعدُ سالِبَ الشِّحنة. وتُدعى هذه الظاهِرةُ الحَتَّ الإلِكتروسْتاتي.

الشِّحناتُ المُتحشِّدةُ على المِلعقة بالدَّلْك تشحَنُ مَسالَ الماء بالتأثير، فيتجاذبان.

شُحِنَ هذان البالونان بشِحْناتٍ مُتماثِلة بالدَّلْك على الكَنْزَة.

الشَّحْنُ بالاحتِكاك

تتألَّفُ جميعُ الأجسام من ذرَّات، وتتألَّفُ كُلُّ ذرَّةٍ من عددٍ مُماثِلٍ من الإلكترونات السَّالِبَةِ الشِّحنة والبروتوناتِ المُوجَبَةِ الشِّحنة. وهذه الشِّحناتُ يُوازِنُ بعضُها بعضًا تمامًا، مما يجعلُ الأجسامَ مُتعادلةً (أي غير مَشحونة). لكنْ بالاحتِكاك، كدَلْكِ البالونِ بالكَنزة، تنتقِلُ الإلكتروناتُ من الكَنْزَةِ إلى البالون، فيُصبحُ البالونُ سالِبَ الشِّحنة لأنَّ الإلكتروناتِ فيه صارت أكثرَ من البروتونات؛ كما تصبِحُ الكنزةُ مُوجبَةَ الشِّحنة لأنَّ البروتونات فيها أكثرُ من الإلكترونات.

التَّنافُر

البالونانِ المَشْحونانِ والمُعلَّقانِ جَنْبًا إلى جنب، بطرفَي خيطَيْن، من النقطة ذاتِها يتنافران لأنَّ كِلَيهما سالبُ الشِّحنة، وهما إذا كانا مُتعادلَين يتدلَّيانِ مُتلازِّين واحدُهما بالآخر.

التَّجاذُب

البالونُ المَشحونُ بالدَّلْك يجذِبُ إليه قُصاصاتِ الوَرَقِ الصَّغيرة. إنَّ شِحْناتِ البالون السَّالبة تُنافِرُ الشِّحْناتِ السَّالبةَ على الجزء الأقربِ إليها من الوَرَقة (لأنَّ الشِّحْناتِ المُتماثِلة تتنافر)؛ فيصبحُ هذا الجزءُ من القُصاصات مُوجبَ الشِّحنة، وينجذبُ إلى البالون لأنَّ الشِّحْناتِ المُتخالفةَ تتجاذب.

الناسِخةُ الضَّوئيَّة

الكثيرُ من الناسخات الضوئيَّة يَستخدِمُ الكهربائيَّةَ السَّاكنة، إذ تتكوَّنُ صورةُ الأصل كشِحْناتٍ مُوجبةٍ غيرِ مرئيَّةٍ على أُسطوانةٍ كبيرة داخلَ المَكنة. هذه الشِّحْناتُ تجتذبُ جُسَيماتٍ دقيقةً من مسحوق التصوير مُكوِّنةً صورةً مرئيَّةً على الأسطوانة. ثمَّ يُنقَلُ مسحوقُ التصوير إلى الورقةِ المَشحونةِ كهربائيًّا أثناءَ مُرورِها حَوْلَ الأسطوانة. وتَعملُ الدلافينُ السَّاخنة على صهرِ مسحوقِ التصوير ولصقِه بالورقةِ كصُورةٍ ثابتة.

يُشحَنُ المِشطُ بشِحْناتٍ سالبة عند تسريح الشَّعر؛ فإذا قُرِّب إلى القُرصِ المعدنيِّ للمِكشاف الكهربائي، يُنافِرُ الشِّحْناتِ السَّالبةَ فيه باتجاه الورقتَين الذهبيتَين، فتنفرجان.

المِكشافُ الكهربائيّ

يُبيِّنُ المِكشافُ الكهربائيُّ ذو الورقتَيْن الذَّهبيتَيْن ما إذا كانَ الجِسْمُ مشحونًا أم غيرَ مَشحون. فإذا قُرِّبَ جِسْمًا مشحونًا إلى قُرص المِكشاف المعدني، تكتسِبُ الورقتانِ الذهبيَّتانِ شِحْناتٍ مُتماثِلةً بالحَثّ. ولما كانت الشِّحناتُ المتماثِلةُ تتنافر، فإن ورقتَي المِكشاف تنفرِجان. وحيثُ إنَّ الورقتَيْن الذهبيتين رقيقتان جدًّا وخفيفتان فإنَّ المِكشاف الكهربائيّ شديدُ الحساسية.

الشّحناتُ داخلَ السُّحب

تَشْحَنُ الجُسَيماتُ الجليديّةُ المُدَوَّمةُ في السُّحُبِ في أعالي الجَوّ بالكهربائيّة السّاكنة؛ فيصبحُ أعلى السّحابة مُوجَبَ الشّحنة وأسفلُها سالبَ الشّحنة. ويحصُلُ التفريغُ البَرْقيُّ أحيانًا داخلَ السّحابةِ لِمُعادلةِ الشّحنات مُجدّدًا.

تُكتسَبُ الجُسيماتُ الأخفُّ الموجبةُ الشّحنةِ إلى أعلى.

تتراكمُ الجُسَيماتُ الأثقلُ السّالبةُ الشّحنةِ في أسفلِ السّحابة.

قضيبُ مانعةِ الصواعقِ مستدِقُّ الرأس، وطرفُه السُّفليُّ مُتّصلٌ بالأرض بمُوَصِّلٍ سِلكيّ.

الشّحناتُ السّالبة في أسفل السّحابة تَستحِثُّ بالتأثيرِ شَحَناتٍ مُوجبةً على سَطحِ الأرض تحتها.



الشّراراتُ العِملاقة

الوَميضُ البَرْقيُّ المُتشعِّبُ المُنبعث عَبْرَ الجَوّ هو شرارةٌ عِملاقةٌ تَقفِزُ بينَ سَحابتَيْن أو بين سحابةٍ والأرض. وبالإضافةِ إلى انبعاثِه نورًا ساطعًا جدًّا، فالتفريغُ البَرْقيّ يُوَلِّدُ حرارةً عاليةً جدًّا تُسخِّنُ الهواءَ المحيطَ فيتمدّدُ بسُرعةٍ فائقة، مُحدِثًا انفجارًا عظيمًا هو الرَّعد.

بِنْجامين فرانكلين

بيَّنَ المُخترِعُ بنجامين فرانكلين (١٧٠٦-١٧٩٠) النّاشِرُ والسياسيُّ والعالِمُ الأمريكيّ، العلاقةَ بينَ البَرْقِ والكهرباء بتجربةٍ خَطِرةٍ جدًّا. ففي العام ١٧٥٢، طيَّرَ فرانكلين طائرةً ورقيّةً في أثناء عاصفةٍ رعديّة. فسَرَتِ الكهرباءُ عَبْرَ خيطِ الطائرة المُبْتلّ إلى مِفتاحٍ معدنيّ كان في الطرفِ الآخَرِ للخيط. وعندما قرّبَ فرانكلين إصبَعَه من المفتاح، قفزَتْ شرارةٌ عَبْرَ الفَجْوة بينهما. فاستنتَجَ أنّ كهربائيّةَ السُّحُبِ هي التي سبّبَت الشرارة، وأنّ التفريغَ البرقيَّ هو نوعٌ من الشَّرَر. وفي العام ١٧٥٣، أعلَنَ اختراعَه قضيبَ مانِعةِ الصواعِق.



مانِعَةُ الصواعق

يُنصَبُ على السّطحِ في مُعظمِ المباني العالية قضيبٌ يُسمّى مانعةَ الصواعقِ يَتّصلُ بالأرض بمُوَصِّلٍ سِلكيّ. الشّحناتُ السّالبةُ في أسفل السّحابة المُقتربة تجتذبُ الشّحناتِ المُوجبةَ من الأرض؛ فتتدفّقُ هذه الشّحناتُ على جُزَيئاتِ الهواء صُعُدًا إلى السُّحُبِ حيث تُبطِلُ مفعولَ بعضِ الشّحنات السّالبة في السّحابة. وقد يَمْنعُ ذلك حدوثَ الصاعقة. وإذا لم يكُن ذلك كافيًا وحصلَ التفريغُ البرقيّ فإنّ الكهرباءَ تَسري عَبْرَ القضيبِ والمُوَصِّلِ السِّلكيّ إلى الأرض دونَ إحداثِ أضرار.

كيفَ تضرِبُ الصاعقة؟

إذا كانت شِحناتُ السُّحُبِ قويّةً بما فيه الكفاية، فإنّها تشُقُّ لها مَمَرًّا عَبْرَ الهواء إلى الأرض وتُفرِّغُ كوميضٍ بَرْقيّ. وتُوفّرُ المباني العاليةُ والأشجارُ والناسُ في الأماكنِ المكشوفةِ مَسارًا أسهلَ للتفريغ الكهربائي، فتستهدفُها الصواعق.

قضيبٌ من النُّحاس الأصفرِ مُتّصلٌ بالسلسلة المُماسّة للبطانة المعدنيّة الداخليّة.

سِدادٌ فِلّينيّ

مَرْطَبانٌ زُجاجيّ

بِطانةٌ فِلِزّيّةٌ داخليّة.

تغليفٌ رقائقيّ فِلِزّيّ.

وِعاءُ لَيْدن

دارِسو الكهرباءِ الأوائلُ اختزنوها أحيانًا في ما يُسمّى «وعاء ليدن» - (باسْمِ المدينة الهولنديّة حيث استُخدِمَ لأوّلِ مرّةٍ عام ١٧٤٥). ويتألّفُ وِعاءُ ليدن إجمالًا من مَرْطَبانٍ زُجاجيّ مُغطًّى من الداخل والخارج برقائقِ القصدير بحيثُ يمكنُ تخزينُ شِحنةٍ كهربائيّةٍ على صفيحتَي القصدير الرقيقتَيْن. ويتّصلُ قضيبٌ معدنيٌّ بالبطانة الداخليّة لتفريغ الشّحنةِ عند اللزوم. وِعاءُ لَيْدن هذا هو شكلٌ قديمٌ من المُكثِّفات.

صفائحُ من الرقائق الفِلِزّيّة

مُوَصِّلاتٌ سِلكيّةٌ مُلْحَمةٌ بالصفائح.

عازِلٌ

المُكثِّفات

تُستخدَمُ المُكثِّفاتُ السَّعَويّة لِتخزينِ الشّحناتِ الكهربائيّة في الأجهزةِ الإلكترونيّة كالتلفزيونات والحواسيب. فالنَّبَضاتُ الكهربائيّةُ القصيرةُ الأمَدِ مثلًا، تُختزَنُ في المكثِّف بحيثُ يُمكنُ انبعاثُ تيّارٍ مُستمِرٍّ منه. وفي بعضِ المكثِّفات، تُفصَلُ صفائحُ الرقائقِ الفِلِزّيّةِ داخلَها بعضُها عن بعضٍ بلدائنَ رقيقة، ثُمّ تُلَفُّ جميعُها وتُسَدُّ بإحكام.

لِمزيدٍ من المعلوماتِ انْظُر

البِنْيةُ الذَّرّيّة ص ٢٥
الكهرباءُ التّياريّة ص ١٤٨
مُقوِّماتٌ إلكترونيّة ص ١٦٨
الرَّعْدُ والبَرْق ص ٢٥٧



الكَهْرباءُ التيَّارِيَّة

حَيْثُما تذهبْ تَرَ الكهرباءَ التيّارِيَّةَ في مَجالاتِ العمَلِ - في البيتِ والشارعِ والمصنعِ وحيثُما كان. ضَمّجاتُ المصابيحِ تحوّلُ الكهرباءَ إلى ضَوءٍ، والمواقدُ الكهربائيَّةُ تحوّلُ الكهرباءَ إلى حرارة، والمُحرِّكاتُ الكهربائيَّةُ تحوّلُ الكهرباءَ إلى حَرَكة. الكهرباءُ من أوسعِ أشكالِ الطاقةِ استِخدامًا لأنّها سَهلةُ التحوّلِ إلى أشكالِ الطاقةِ الأُخرى؛ ولأنّها آنِيَةُ السَّريانِ عَبْرَ أسْلاكِ التوصيلِ إلى حيثُ يُحتاجُ إليها، كتيّارٍ كهربائيّ. ويُقاسُ سَرَيانُ الكهرباءِ بوَحَداتِ الأمپير. التيّاراتُ الكهربائيَّةُ، في مُعظمِها، تتألَّفُ من إلِكترونات دافِقةٍ، لكِنَّ بعضًا منها يتألَّفُ من أنواعٍ أُخرى من الجُسَيْماتِ المَشْحُونة، تُدعَى أيُونات.

المصابيحُ تُحوّلُ الكهرباءَ إلى ضَوء.

شاشةُ الڤيديو تحوّلُ الإشاراتِ الكهربائيَّةَ المُستقبلَةَ من الكاميرات إلى صُوَر.

مُكبِّراتُ الصوتِ تُعيدُ تحويلَ الإشاراتِ الكهربائيَّةِ المُستقبلَةِ من المُضخِّمات إلى صوت.

الميكروفون يحوّلُ الأصواتَ إلى إشاراتٍ كهربائيَّةٍ تُرسَلُ إلى المُضخِّمات.

الكاميرا التلفزيونيَّة تحوّلُ الصوَرَ إلى إشاراتٍ كهربائيَّة.

اللاّقطُ الصَّوتيّ للغيتار الكهربائي يحوّلُ اهتزازاتِ الأوتار إلى إشاراتٍ كهربائيَّة ويُرسِلُها إلى المُضخِّم.

الكهرباءُ في بعضِ مجالاتِها

في حَفْلٍ مُوسيقى وأغانٍ شعبيَّة، تُحدِثُ الأجهزةُ الكهربائيَّةُ مؤثّراتٍ صوتيَّةً أخّاذةً وأصواتًا عالية. ويستطيعُ المتفرّجون البعيدون جدًّا عن المَسرحِ مُشاهدةَ الموسيقيّين وسَماعَ المُغنّين عبْرَ شاشاتٍ ضخمةٍ وميكروفوناتٍ منتشرةٍ في ساحةِ المَسْرَح.

الإلِكْتروناتُ الطليقة

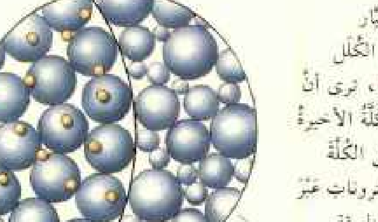
تَسري الكهرباءُ عَبْرَ فلِزٍّ، كالنُّحاس، لأنَّ الفلِزَّ يَحوي إلِكتروناتٍ طليقةً تستطيعُ الانتقالَ من ذرَّةٍ إلى أُخرى.

دارةُ الكُتَلِ البِلَى «ج. بِلْية»

يُمكِنُكَ تمثيلُ كيفيَّةِ سَرَيانِ التيّارِ الكهربائيِّ باستخدامِ دارةٍ من الكُتَلِ المُتماسَّة. فإذا دَفَعْتَ إحداها، ترى أنَّ جميعَ الكُتَلِ تتحرَّكُ آنِيًّا؛ فالكُتْلَةُ الأخيرةُ في الحلقةِ تتحرَّكُ حالما تَمَسُّ الكُتْلَةَ الأولى. والبطّاريَّةُ تدفعُ الإلكتروناتِ عَبْرَ الأسْلاكِ في دارةٍ كهربائيَّة، بطريقةٍ مُماثلة، لإحداثِ تيّارٍ كهربائيّ.

المُوَصِّلاتُ والعوازِل

تُدعى الأسلاكُ النُّحاسيَّةُ في الكَبْلاتِ الكهربائيَّةِ مُوَصِّلاتٍ، لأنّها تُوَصِّلُ التيّارَ الكهربائيَّ أي تَسْمَحُ له بالمرورِ عَبْرَها. وتُغَلَّفُ الأسْلاكُ النُّحاسيَّةُ بمادّةٍ لَدائنيَّةٍ عازِلَة، غيرِ مُوَصِّلةٍ للكهرباء، لأنّها لا تحوي إلِكتروناتٍ طليقةً. العوازِلُ تمنعُ الكهرباءَ من السَّرَيانِ حيثُ لا تُريدُها.



في العوازِلِ تبْقى جميعُ الإلِكتروناتِ مشدودةً إلى ذرّاتِها؛ لذا لا تستطيعُ الكهرباءُ السَّرَيانَ عَبْرَها.

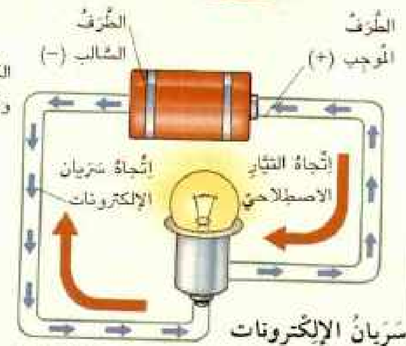
الكُبولُ العُلويَّةُ العاريةُ تُعلَّقُ وتُدعَمُ باستخدامِ العوازِل.



الكُبولُ والأذرُعُ التَّوصيلُ تُوَصِّلُ الكهرباء.

الإمدادُ العُلويّ

بعضُ القطاراتِ الكهربائيَّةِ يلتقطُ الكهرباءَ بأذرعٍ تنزلقُ عَبْرَ كَبْلاتٍ مُعلَّقةٍ فوقَ سِكَكِها. ولتحقيقِ التماسِّ الكهربائيِّ بين ذِراعِ التوصيلِ والكَبْل، كي يَسْري التيّارُ إلى مُحرِّكِ القطار، يجبُ أن يكونَ الكَبْلُ عاريًا (أي غيرَ معزول). ولا بُدَّ من تعليقِ هذه الكبولِ العُلويَّةِ على عوازِلَ لمنعِ تبديدِ الكهرباءِ وإبعادِ خطرِها. فالمُوَصِّلاتُ والعوازِلُ، كما ترى، تُستخدَمُ معًا لتجعلَ استِخدامَ الكهرباءِ مأمونًا وعالي الكفاية.



سَرَيانُ الإلِكْترونات

إعتقَدَ العُلَماءُ سابقًا أنَّ الكهرباءَ في دارةِ بطاريَّةٍ مثلًا، تَسري من الطَّرَفِ المُوجبِ للبطاريَّةِ إلى طرفِها السّالب. ووُضِعَتْ قواعدُ عمليَّةٌ مفيدةٌ تطبيقًا لهذا المفهوم. لذا نظلُّ نُبيِّنُ اتّجاهَ التيّارِ هكذا، ونُسمّيه التيّارَ الاصطلاحيّ. والواقعُ أنَّ الإلكتروناتِ تسري من طَرَفِ البطاريَّةِ السّالبِ إلى طرفِها المُوجب.

شارْل أوغسطين كولوم

كولوم (١٧٣٦-١٨٠٦) فيزيائيٌّ ومُهندسٌ فرنسيّ اشتُهِر بأبحاثه في الاحتكاك والمغنطيسيَّة والكهرباء. إخترعَ كولوم آلاتٍ حسّاسةً لقياس القُوى بيْنَ المغنطيسات كما بيْنَ الشِّحنات الكهربائيَّة. وسُمِّيت وَحْدة الكولوم لقياس كمِّيَّة الكهرباء بأسمه؛ وهي كمِّيَّةُ الكهرباء السّارية عَبْرَ نُقطةٍ في دارةٍ يَمُرُّ فيها تيّارٌ مقدارُهُ أمبير في ثانية.

يُبْقي الفراغُ درجةَ الحرارة خفيضةً.

يسْري النِّتروجين السّائلُ حوْلَ المُوَصِّلات الثلاثة

يسْري النِّتروجينُ السّائلُ عَبْرَ الأنبوبِ النُّحاسيّ لِتبقى الأسلاكُ على درجةِ حرارة ٧٧° ك (-١٩٦° س)، وهي درجةُ الحرارة التي يكونُ عندها الخزَفُ فائقَ التوصيل.

عازِلٌ وَرَقيّ

تُصنَعُ هذه الأسلاكُ الفائقةُ التوصيل من خزَفٍ خاصٍّ مُغلَّفٍ بالفِضَّة.

الغِلافُ الخارجيّ والأنبوبُ الفولاذيّ يَقيانِ جميعَ الأسلاكِ داخلَهما.

كُبولٌ فائقةُ التَّوصيل

المادّةُ الجيِّدةُ التَّوصيلِ لِلكهرباء ضئيلةُ المقاوَمةِ لِسرَيانِ التيّار. وفي فلزّاتٍ مُعيَّنةٍ كالقصدير والرصاص، وبعضِ الخزَفيّات، تُقارِبُ هذه المقاوَمةُ الصِّفرَ عندما تُبرَّدُ هذه الموادُّ إلى درجةِ حرارةٍ خفيضةٍ جدًّا؛ فتُصبحُ الموادُّ فائقةَ التوصيل (أي كاملةَ التوصيليّةِ تقريبًا). والكُبولُ المُفرِطةُ التوصيلِ مثاليَّةٌ لِنقْلِ الكهرباء، لأنَّ تبديدَ القُدرة فيها لا يكادُ يُذكَر؛ لكنَّها باهظةُ التكلفة عمليًّا لأنَّها تتطلَّبُ على الدوام تبريدًا شديدًا بالنتروجين أو الهِليوم السّائلَيْن. وتُجرى التَّجارِبُ حاليًّا لإيجادِ مُوَصِّلاتٍ فائقةِ التوصيل تعملُ على درجةِ حرارةٍ أعلى.

أَلِكس مُولَّر

المُشكِلةُ الرئيسيَّةُ في المُوَصِّلات الفائقةِ التوصيل هي ضرورةُ حِفْظِها على درجةِ حرارةٍ تقاربُ الصِّفرَ المُطلَق (صفر كلفن أي - ٢٧٣° س)، وهذه أخفَضُ درجةِ حرارةٍ مُمكِنة. لكِنَّ الفيزيائيَّ السويسريَّ، أَلِكس مُولَّر (المولود عام ١٩٢٧)، ومُساعِدَه جورج بِدْنورز (المولود عام ١٩٥٠)، إكتشفا أنَّ مادّةً خزَفيَّةً من أُكسيد النُّحاس، تحوي الباريوم واللنتانوم، تغدو فائقةَ التَّوصيلِ على درجةِ ٣٥° ك (- ٢٣٨° س). وقد نالا بذلك جائزةَ نوبل لِلفيزياء عام ١٩٨٧. وفي العام ١٩٨٨، توصَّلَ آخرونَ إلى تصنيعِ مادّةٍ خزَفيَّةٍ فائقةِ التوصيل على درجة ١٢٣° ك (- ١٥٠° س). لكِنْ لم يَتوصَّلْ بَعْدُ أحَدٌ إلى صُنعِ مُوَصِّلٍ فائقٍ يعملُ على درجة حرارة الغرفة.

السِّليكون النَّقيّ

يُوجَدُ أربعُ إلكتروناتٍ في الغِلاف الخارجيّ لِلذرَّة من السِّليكون النَّقيّ. وتعادِلُ هذه (كما الإلكتروناتُ الأخرى) شِحناتٌ مُوجبةٌ مُساويةٌ في نَواة الذرَّة؛ لذا فذرَّةُ السِّليكون كمجموعٍ مُتعادِلة.

ذرَّة

شِبْهُ مُوَصِّلٍ من النَّمط-م

يُوجَدُ ثلاثةُ إلكتروناتٍ في الغِلاف الخارجيّ لِذرَّة البورُون؛ فإذا أُضيفَ إلى السليكون كمِّيّاتٌ قليلةٌ من البورُون، تترُكُ هذه الإضافةُ ثقوبًا أو شُغراتٍ إلكترونيَّةً تجعلُ المادَّةَ مُوجِبةً وشِبْهَ مُوَصِّلةٍ مُوجِبةَ النمط (النمط-م).

شِبْهُ مُوَصِّلٍ من النَّمَط-س

يُوجَدُ في الغِلاف الخارجيّ لِذرَّة من الزِّرنيخ أو الفُسفُور خمسةُ إلكترونات. فإذا أُضيفَ مِقدارٌ ضئيلٌ من أيٍّ منهما إلى السِّليكون، تجلِبُ هذه الإضافةُ إليه إلكتروناتٍ طليقةً تجعلُه شِبْهَ مُوَصِّلٍ سالبَ النَّمط (النَّمط-س).

شِبْهُ المُوَصِّلات

الموادُّ الغيرُ جيدةِ التَّوصيلِ لِلكهرباء تُدعى شِبْهَ مُوَصِّلاتٍ أو أشباهَ فلزّات. وهي تُستَخدَمُ لِلتحكُّم في التيّار في الأجهزةِ الإلكترونيَّة. وأكثرُ هذه الموادِّ استخدامًا هو السِّليكون المُشابُ بكمِّيّاتٍ قليلةٍ من الزِّرنيخ أو الفُسفُور أو البورُون لِتغيير خواصِّه الكهربائيَّة وجعلِه شِبْهَ مُوَصِّلٍ سالبَ النَّمط (نَمط-س) أو مُوجِبَ النَّمط (نَمط-م). في شِبْهِ المُوَصِّلات من النمط-س، الإلكتروناتُ الطليقة هي التي تحملُ التيّار؛ أمّا في شِبْهِ المُوَصِّلاتِ من النَّمط-م فتحملُه الثُّقوب. تُستَخدَمُ شِبْهُ المُوَصِّلاتِ في صُنْعِ النبائط الإلكترونيَّة، كالرقائق (أو الجُذاذات) السِّليكونيَّة لِلحواسيب.

بلُّورةٌ من السِّليكون النَّقيّ

الأيوناتُ المُوجبةُ الشِّحنة تَنْجذِبُ إلى الفلزّ السّالبِ الشِّحنة.

الطِّلاءُ الكهربائيّ

ألواحُ الدّارةِ المَطبوعة، المُبيَّنةُ أعلاه، كانت قد غُمِرت في محلولٍ من كِبْريتات النُّحاس؛ ثُمَّ مُرِّرت الكهرباء عَبْرَ المحلول في دارةٍ وُصِلت الألواحُ فيها بالكاثود لاجتذابِ أيوناتِ النُّحاس التي ترَسَّبت عليها مُكوِّنةً المَساراتِ النُّحاسيَّة.

الكهرباءُ والأيونات

يَسْري التيّارُ في بعضِ المَحاليل، لا كإلكتروناتٍ بل كجُسَيْماتٍ مشحونة تُدعى أيونات. والطِّلاءُ الكهربائيّ تطبيقٌ عمليٌّ على ذلك لِتغطيةِ جِسْمٍ مّا بطبَقةٍ فلزّيَّة. فيُوصَلُ الجِسْمُ المُرادُ طِلاؤه بالطرف السّالب لِلمَصدر الكهربائيّ لِجعلِه الإلكترودَ السّالبَ الذي يجتذِبُ إليه الأيوناتِ المُوجبةَ الشِّحنة (من فِضَّةٍ أو نُحاسٍ أو خارصين) فيَنطَلي بها.

لِمَزيدٍ من المعلومات انْظُر

خصائصُ المادَّة ص ٢٢
البِنْيةُ الذرِّيَّة ص ٢٤
أشباهُ الفلزّات ص ٣٩
الكَهْرَلة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
الخلايا والبطّاريّات ص ١٥٠
مُقوِّماتٌ إلكترونيَّة ص ١٦٨
حقائقُ ومَعلومات ص ٤١٠

الخَلايا والبَطّارِيّات

النبائطُ العامِلةُ بالبَطّاريّات كثيرة، كالراديواتِ والمَصابيح والدُّمى والسّاعات وغيرِها، وهي تتطلَّبُ أشكالًا وأحجامًا مُختلِفةً من البَطّاريّات. بعضُ البَطّاريّاتِ صغير، بحَجْمِ قُرْصةِ الدواء، وبَعضُها الآخَرُ ثقيلٌ لا يُمكِنُكَ حَملُه. لكنَّها، في مُعظمِها، تشترِكُ في خاصّةٍ مُهِمَّة هي قُدرتُها على اختزانِ طاقةٍ كيماويَّة وَتحويلها إلى طاقةٍ كهربائيَّة. والخليَّةُ الكهربائيَّة هي الوَحْدةُ الأساسيَّةُ المُوَلِّدةُ لِلكهرباء؛ وتتألَّفُ البَطاريَّةُ من مجموعِ اثنتَين أو أكثر منها. غيرَ إنّا نستخدِمُ كلمةَ بَطّاريَّة أيضًا عندما نتحدَّثُ عن خليَّةٍ واحدةٍ كالخليَّة الجافَّة، أو الخليَّة القُرْصيَّة الصغيرةِ في ساعةٍ مثلًا. الخلايا «تضخُّ» الإلكتروناتِ عَبْرَ المُوصِّلات كما المِضخّاتُ السَّوائلَ عَبْرَ الأنابيب.

داخل الخليَّة

تتألَّفُ الخليَّةُ النموذجيَّةُ من أجزاءٍ رئيسيَّة ثلاثة هي: الإلكترود (أو القُطب) السّالِب، الإلكترود (أو القُطب) المُوجِب، والإلكتروليت (أو الكَهْرَل) بينهما. وهذا الكَهْرَلُ هو مادّةٌ كيماويَّةٌ أو مزيجٌ من الكيماويّات السّائلةِ أو المعجونيَّةِ الرَّخوةِ القوامِ المُوَصِّلةِ لِلكهرباء لأنَّ مُقوِّماتِها تتفكَّكُ إلى مجموعاتٍ من الذرّات المَشْحونة تُدعى أيونات. وتَتَسبَّبُ التَّفاعُلاتُ الكيماويَّة التي تجري داخل الخليَّة في سَرَيان الإلكتروناتِ من الإلكترود السّالِب إلى النبيطةِ المُشْغَلة ثمَّ عودًا عَبْرَ الإلكترود المُوجِب.

الحَجْمُ الحقيقيّ

خليَّةُ أكسيد الزئبق

الكثيرُ من السّاعات الإلكترونيَّة يَعملُ بواحدةٍ من خلايا أكسيد الزئبق. وتُوَفِّرُ الخليَّةُ من هذا النوعِ جُهدًا أو فُلطيةً مِقدارُها ١٫٣٥ فُلط لفترةٍ طويلة.

الحَجْمُ الحقيقيّ

خليَّةُ النيكل والكادميوم

خليَّةُ النيكل والكادميوم، بخلافِ سائرِ الخلايا الجافَّةِ المألوفة، يُمكِنُ إعادةُ شحنِها؛ فتصبحُ تكلفةُ دُمى البطاريّات العامِلةِ بها أقلَّ بكثير.

الحَجْمُ الحقيقيّ



البَطّاريّاتُ (أعمدة الخلايا) الجافَّة

تُستخدَمُ البطاريّاتُ الجافَّةُ العاديَّةُ في مُعظمِ المشاعِل ومصابيحِ الجَيْب الكهربائيَّة. ويتألَّفُ الإلكتروليتُ فيها من كلوريد الأمونيوم؛ لكنَّ الخلايا الأقوى تيّارًا تَستخدِمُ كلوريد الخارصين. أمّا الخلايا القِلْويَّةُ ذاتُ التيّار الأشدِّ والتي تدُوم لِفتراتٍ أطوَل، فتَستخدِمُ هدروكسيد البوتاسيوم كإلكتروليت.

تَسْري الكهرباءُ عَبْرَ فُتَيلةِ المِصباحِ فتتوهَّج.

الطَّرَفُ المُوجِب (+)

تَسْري الإلكتروناتُ من الطَّرَف السّالِب إلى الطَّرَف المُوجِب.

غِلافُ الخارصين (الزِّنْك) يَعْمَلُ كإلكترودٍ سالِب.

قَضيبُ الكربون هو الإلكترودُ المُوجِب.

مَسْحُوقٌ من الكربون وثاني أكسيد المنغنيز (لمَنع الاستقطاب).

الإلكتروليت مَعجونٌ من كلوريد الأمونيوم.

الطَّرَفُ السّالِب (−)

داخل الخليَّة الجافَّة

أشهرُ أنواعِ الخلايا هي الخليَّةُ الجافَّة التي تعملُ على مبدأ الخليَّة التي اخترعَها المهندسُ الفرنسيُّ جورج لُكْلانْشيه عام ١٨٦٥. غير أنَّ الإلكتروليت في خليَّة لُكْلانْشيه سائل. أمّا في الخلايا الجافَّةِ العصريَّة فالإلكتروليتُ معجونٌ رَطْبٌ من كلوريد الأمونيوم. المَسحوقُ الكربونيّ الممزوجُ بثاني أكسيد المنغنيز يمنعُ استقطابَ الخليَّة – أي تجمُّعَ الهدروجين كحاجزٍ حَوْلَ قضيبِ الكربون فيها – مِمّا يُوقِفُ الخليَّةَ عن العَمَل.

ألِسّاندرو ڤولْتا

اخترعَ الكونْت الإيطالي ألِسّاندرو ڤولْتا (١٧٤٥-١٨٢٧) أوَّلَ بطاريَّة. تألَّفت الخليَّةُ الواحدة في بطاريَّة ڤولْتا من قُرْصٍ نُحاسيّ وقُرْصٍ خارصينيّ كإلكترودَيْن بينهما قِطعةٌ من القُماش المُشَرَّب بمَحْلُولٍ مِلْحيّ كإلكتروليت؛ وكانت قوَّتُها الدافعةُ الكهربائيَّة قليلة. ثمَّ اكتشفَ ڤولْتا أنّه بِرَكْم عِدّةٍ من هذه الخلايا يحصُلُ على قُوَّةٍ دافعة أكبر – فكانت البطّاريَّةُ الأولى وعُرِفت بِعَمود ڤولْتا. وتكريمًا له سُمِّيت وَحدةُ القُوَّةِ الدافعة الكهربائيَّة «الڤُلْط» باسْمِه.

القُوَّةُ الدّافعةُ الكهربائيَّة

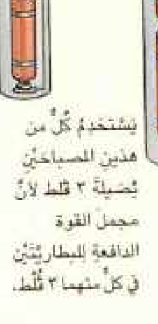
القُوَّةُ الدّافعةُ الكهربائيَّة لخليَّةٍ أو بطّاريَّة تدفعُ الإلكتروناتِ لِتَسْري في الدارة الكهربائيَّة، وهي تُقاسُ بوَحدة الڤُلْط. تعتمِدُ القُوَّةُ الدّافعةُ الكهربائيَّة لِلخليَّة على نَوعيَّتِها؛ فهي في الخلايا الجافَّة، مثلًا، ١٫٥ ڤُلْط.



يقيسُ الڤُلطمتر الموصولُ عَبْرَ طرفَي البطّاريَّةِ قوَّتَها الدافعة الكهربائيَّة بالڤُلْط.

حَجْمُ البَطّاريّة

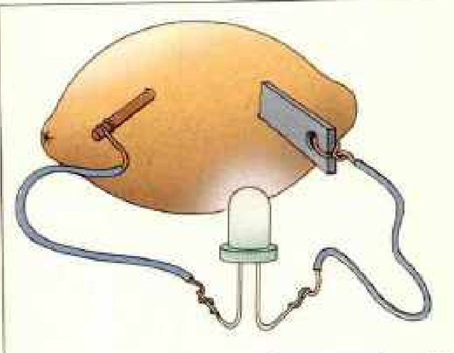
تَستوعِبُ مُعْظَمُ المَصابيحِ الكهربائيّة بطاريّتَيْنِ جافّتَيْنِ أو أكثر وتوصَلُ هذه البطاريّاتُ على التوالي، أي واحدةً بعدَ الأخرى، كما في عمود فولْتا، مِمّا يزيدُ مُجملَ القُوّةِ الدّافعةِ الكهربائيّةِ (ق. د. ك). فإذا وُصِلَتْ بطاريّتانِ على التوالي، فلطيّةُ الواحدةِ منهما ١،٥ فُلْط، يكونُ مُجملُ قُوّتِهما الدافعة الكهربائيّة ٣ فُلْط. وبازدياد القُوّةِ الدّافعةِ الكهربائيّة تَزدادُ شِدّةُ التّيارِ في الدّارةِ الكهربائيّة. والمصابيحُ القويّةُ تستخدِمُ أربعَ بطاريّاتٍ أو أكثر. إنّ حجمَ البطاريّةِ ذاتَه لا عَلاقةَ له بقُوّتِها الدافعةِ الكهربائيّة، إذ إنّ مُقوّماتِها الكيماويّةَ فقط هي التي تحدِّدُ ذلك، لكنّ البطاريّةَ الكبيرةَ تدومُ فترةً أطولَ من البطاريّةِ الصغيرةِ من النوعِ ذاتِه.



يَستخدِمُ كُلٌّ من هذينِ المصباحَيْنِ بُصَيلةَ ٣ فُلط لأنّ مجملَ القوة الدافعةِ للبطاريّتَيْنِ في كلٍّ منهما ٣ فُلط.



تَستخدِمُ بعضُ الراديوات الصغيرة بطاريّةً جافّةً فُلطيّتُها ٩ فُلط، وهي تتألّف من ستِّ خلايا جافّة، فُلطيّةُ كلٍّ منها ١،٥ فُلْط، مُتراصةٍ في عمودٍ كما خلايا بطاريّةِ فولْتا الاولى.

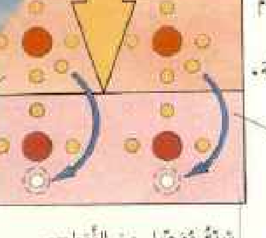


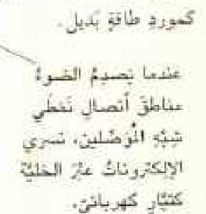
خليّةٌ من ليمونةٍ حامِضَة

يُمكنُكَ صُنْعُ خليّةٍ بَسيطة بغَرْزِ جِسْمَيْنِ من فلزّيْنِ مُختلفَيْنِ في لَيمونةٍ حامِضة؛ فيشكّلُ الفلزّانِ إلكترودَي الخليّة، وتشكّلُ عُصارةُ الليمونةِ الإلكتروليت. إستخدِمْ إلكترودين من الخارصين والنُّحاس فتحصلُ على ق. د. ك تجعلُ الدايود (الصِّمامُ الثنائي) الضوّاء يُشِعُّ بِوَميضٍ مَرئيّ.

الخلايا الشّمْسِيّة

الخلايا الشّمْسيّةُ، بخلافِ الخلايا العاديّة، لا تعتمدُ على الطاقةِ الكيماويّة؛ بل تُحوِّلُ الطاقةَ الضوئيّةَ مُباشرةً إلى كهرباء - لذا تعرفُ أيضًا بالخلايا الفُلْطائيّةِ الضوئيّة. والخلايا الشمسيّةُ هي في معظمِها دايودات سِليكونيّة. تعملُ بعضُ الحاسباتِ الجيبيّةِ الصغيرة بخلايا شمسيّة؛ لكن، في بعضِ الأصقاعِ النائيةِ البعيدةِ عن مَواردِ الكهرباء، كالقُطْبِ الجنوبيّ، تُستخدَمُ مأطوراتٌ ضخمةٌ، تضمُّ الكثيرَ من الخلايا الشمسيّة، كمورِدِ طاقةٍ بَديل.





شِبْهُ مُوصِّلٍ من النّمط-س

شِبْهُ مُوصِّلٍ من النّمط-م

عندما يَصدِمُ الضوءُ مناطقَ أتصالِ نَمطَي شِبْهِ المُوصّلين، تسري الإلكتروناتُ عبْرَ الخليّة كتيّارٍ كهربائيّ.

مَقطَعٌ عَرْضيّ للأنقليس الكهربيّ

الأنقليسُ الكهربيّ

تَستخدِمُ جميعُ الحيواناتِ شِحناتٍ كهربائيّةً ضئيلةً في أجهزتِها العصبيّةِ والعضليّة ويَستطيعُ بعضُها، كالأنقليسِ الكهربيّ (إلكتروفورس إلكتريكوس) في أمريكا الجنوبيّة إحداثَ صَدمةٍ كهربيّةٍ قويّةٍ يقتلُ بها فرائسَه. ويَشغَلُ العضوُ الكهربيّ قِسمًا كبيرًا من جِسْمِ الأنقليس، ويتألّفُ من عَضَلاتٍ خاصّةٍ تُحشَدُ فيها الكهرباءُ بحَركةِ الأيونات، وتُفرَّغُ عندَ الحاجةِ دُفعةً واحدةً مُوَلّدةً فُلطيّةً عاليةً تكفي لصَعقِ وتدويخِ السّمكِ السابحِ في الجِوار. وقد تصِلُ الفلطيّةُ هذه في بعضِ أجناسِ الأنقليسِ الكهربيّ إلى ٦٥٠ فُلطًا - وهي فلطيّةٌ كافيةٌ لِصَعقِ الإنسان.

السيّارةُ الكهربائيّة

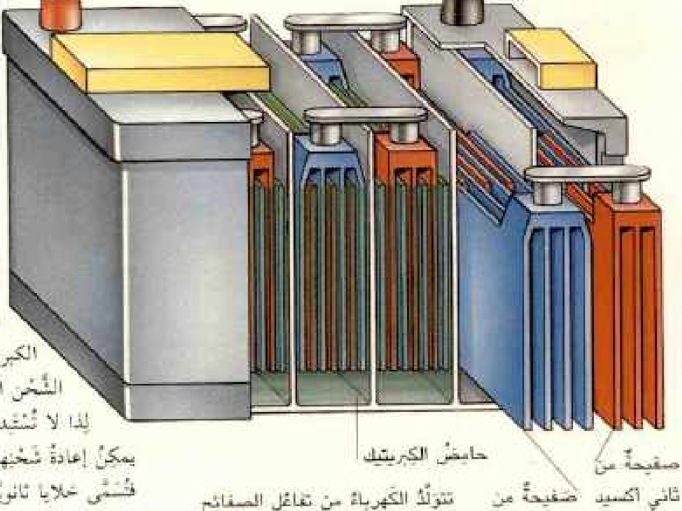
تَستخدِمُ هذه السيّارةُ بطاريّةً لِلسّيرِ في المُدنِ وهي مُزوّدةٌ بمُحرّكٍ بنزينيّ لإبقاءِ البطاريّةِ مَشحونةً في الرِّحلاتِ الأطول. هنالك حاليًّا نماذجُ أوليّةٌ لِسيّارةٍ كهربائيّةٍ تعملُ بالبطاريّةِ فقط، لكنّ البطاريّةَ المُستخدمةَ ضخمةٌ ولا تدومُ طويلاً، وعندَ الحاجةِ تُشحنُ البطاريّةُ ليلاً من الشبكةِ الرئيسيّةِ حينَ يخفُّ ضغطُ الاستهلاك. والميزةُ الرئيسيّةُ للسيّاراتِ الكهربائيّة هي أنّها أقلُّ تلويثًا للهواءِ من تلك العاملةِ بمُحرّكِ البنزين أو الديزل. وهكذا تُعتبَرُ السيّارةُ الكهربائيّةُ إحدى السُّبُلِ المهمّةِ في مُعالجةِ مَشاكلِ التلوّث.

لمزيد من المعلومات انظر

التَرابُطُ الكيماويّ ص ٢٨
الفلزّاتُ الانتِقاليّة ص ٣٦
أشباهُ الفلزّات ص ٣٩
الكَهْرَلة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
مَصادِرُ الطاقة ص ١٣٤
المُوَلّدات ص ١٥٩
الضَّوء ص ١٩٠
العَضَلات ص ٣٥٥
حقائقُ ومَعلومات ص ٤١٠

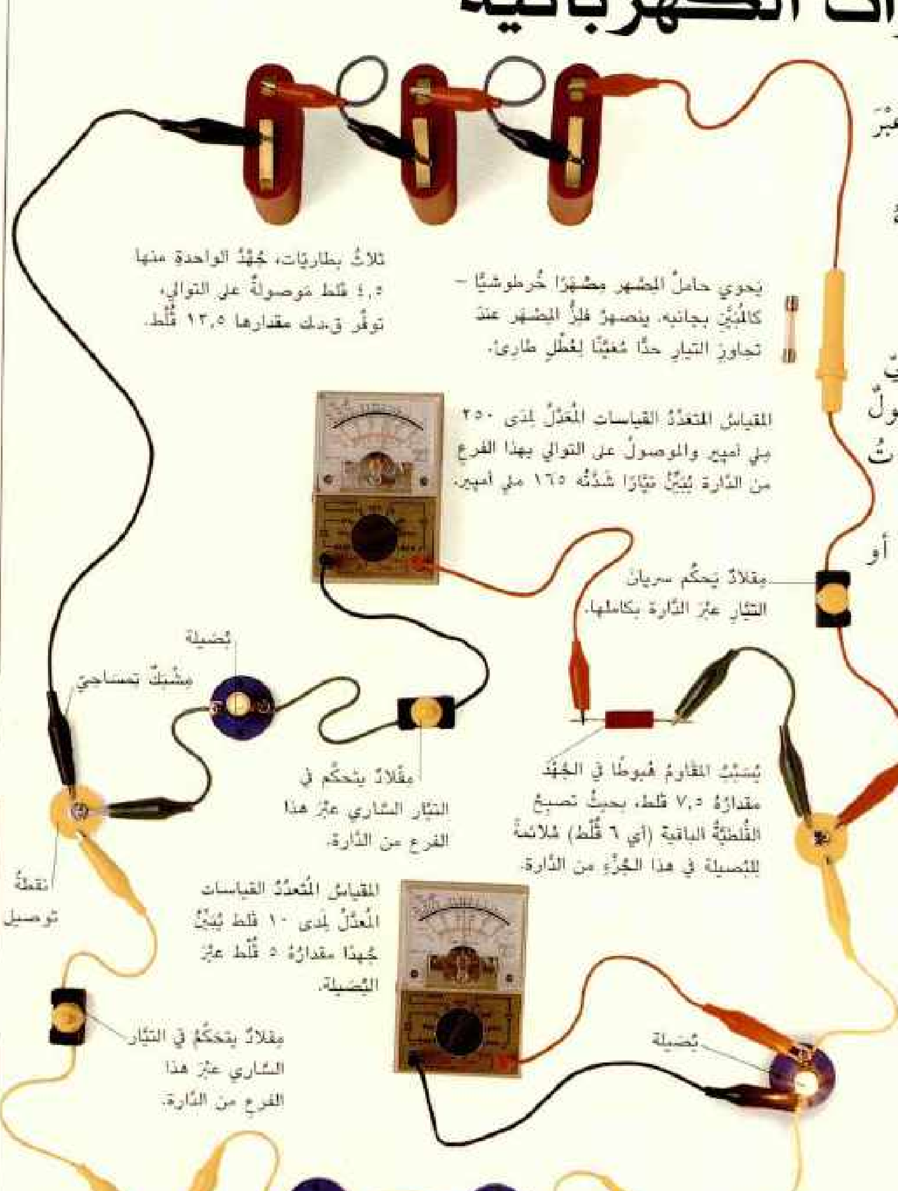
بطاريّةُ السيّارة (المِرْكَم)

تَستخدِمُ مُعظمُ السيّاراتِ بطاريّةً جُهدُها ١٢ فلطًا. وتَحوي البطاريّةُ ستَّ خلايا تتألّفُ واحدتُها من صفيحةٍ من الرّصاص وأخرى من ثاني أكسيد الرّصاص مَغمورتَيْنِ في محلولٍ من حامضِ الكبريتيك بِجُهدِ ٢ فُلط. وهذه الخلايا قابلةٌ لإعادةِ الشّحنِ الكهربائيّ بعد الاستِعمال، بخلافِ الخلايا الجافّة. لِذا لا تُستبدَلُ بطاريّةُ السيّارة إلّا إذا تعطّلت. الخلايا التي لا يمكنُ إعادةُ شَحنِها تسمّى خلايا أوّليّة؛ أمّا القابلةُ لإعادةِ الشّحنِ فتُسمّى خلايا ثانويّة. بطاريّةُ السيّارة مِرْكَمٌ حمضيٌّ رصاصيٌّ يُمِدُّ أجهزتَها بالقُدرةِ الكهربيّة ويُعادُ شَحنُه بَبسيطةٍ في السيّارة تُدعى المُنوِّب.



الدَّاراتُ الكهربائيَّة

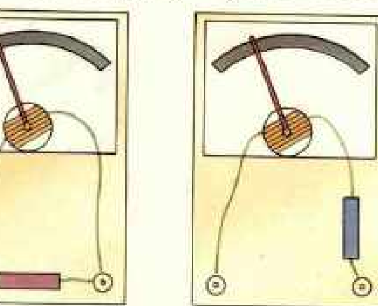
عندما تُضِيءُ مِصْباحًا كهربائيًّا، فإنَّكَ تُكْمِلُ دارةً كهربائيَّةً بسيطةً، تَسري الكهرباءُ فيها من البطاريَّة، عبْرَ المِقلادِ (المِفتاح) والبُصَيلة ثمَّ عَودًا إلى البطاريَّة. فالدَّارةُ هي المَسارُ الذي تتخذُهُ الكهرباءُ؛ وأجزاءُ هذا المسارِ كُلُّها مُوَصِّلةٌ لِلكهرباء ومُتَّصِلٌ بعضُها ببعض. والداراتُ الكهربائيَّةُ على نَوعَين: داراتُ التوالي وداراتُ التوازي. مِصباحُ الجَيبِ الكهربائيّ مَثَلٌ على دارةِ توالٍ حيثُ كُلُّ مُقَوِّمات الدارةِ مَوصُولٌ الواحِدُ تِلْوَ الآخر. في دارةِ التوازي تكون البطاريَّاتُ أو بعضُ المُقَوِّمات الأخرى مَوصُولةً بعضُها عَبْرَ بعض. وفي كِلا الدارتَين، يُمكِنُ احتِسابُ الفُلطيَّةِ أو المُقاوَمَةِ أو شِدَّةِ التيَّار باستِخدامِ قانون أوم.



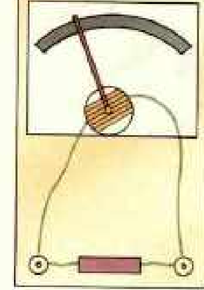
زَوجانِ من البُصَيلاتِ المُتماثلةِ المُتتالية موصولانِ على التوازي. التيَّارُ السَّاري في البُصَيلات مُتساوٍ.

دارةٌ تطبيقيَّة

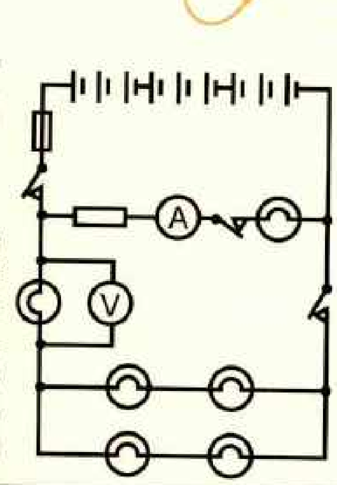
البطاريَّاتُ الثلاثُ في أعلى الدارة المُقابلةِ تُنتِجُ جُهْدًا مقدارُهُ ١٣,٥ فُلط لأنَّها مَوصولةٌ على التوالي وَجُهدُ الواحدةِ منها ٤,٥ فُلط. فإذا تسبَّبَ خَطَلٌ في سَرَيانِ تيَّارٍ أشدَّ ممَّا يجبُ في الدَّارة يَنْصَهِرُ المِصْهَرُ وينقطعُ الإمدادُ من البطاريَّات. أحدُ المقياسَين المُتعدِّدَي القياسات يعملُ هنا كأمِّيترٍ لِقياسِ شِدَّةِ التيَّارِ السَّاري في بُصَيلةٍ بينما يُستخدَمُ الآخرُ كفُلطمترٍ لِقياسِ الفُلطيَّةِ عبْرَ بُصَيلةٍ أخرى.



الفُلطمتر مِقياسٌ ذو مِلَفٍّ مُتحرِّكٍ موصولٍ على التوالي بمُقاوِمٍ عالي المُقاوَمة. هذا المُقاوِمُ يمنعُ سَرَيانَ تيَّارٍ كبيرٍ في الفُلطمتر (وتغييرَ أوضاعِ الدَّارة بذلك).



الأمِّيتر مِقياسٌ ذو مِلَفٍّ مُتحرِّكٍ موصولٍ على التوازي بمُقاوِمٍ خفيضِ المُقاومة – بحيثُ إنَّ تيَّارَ الدارةِ يكادُ لا يَنتقِصُ إذا وُصِلَ فيها الأميتر على التوالي.



الرَّسْمُ التَّخطيطيُّ لِلدَّارات

تُمثَّلُ مُقوِّماتُ الدَّارةِ الكهربائيَّةِ برُموزٍ مُعيَّنةٍ في رسمٍ تخطيطيٍّ يُبيِّنُ كاملَ أجزائها وتوصيلاتِها بوضوحٍ بالغ. في التخطيطِ المُقابِلِ للدَّارةِ أعلاه، أُعيدَ ترتيبُ بعضِ الأسلاكِ لِتبسيطِ الرسم؛ لكنَّ ذلكَ لا يُؤثِّرُ أبدًا في تبيانِ طريقةِ عَمَلِ الدَّارةِ الكهربائيَّة.

جُورج سَيْمُون أُوم

أوجَدَ الفيزيائيُّ الألمانيُّ جورج سَيمون أوم (١٧٨٧–١٨٥٤) العلاقةَ بينَ شِدَّةِ التيَّارِ الكهربائي والمُقاوَمةِ وفرقِ الجُهْدِ الكهربائي (الفُلطية) فيما يُعرفُ بقانون أوم – المُمثَّل بالمُعادلةِ التالية: ف (فرق الجُهْد الكهربائي) «بالفُلط» = ت (شِدَّة التيَّار) «بالأمبير» × م (المُقاوَمة) «بالأوم». وقد سُمِّيَت وَحدةُ قياسِ المقاوَمة الكهربائيَّة، الأوم، بِاسْمِه.



دارات التوالي والتوازي

يَسْري التيّارُ الكهربائيّ في دارةٍ كاملة لا انقطاعَ فيها. وقد تكونُ أجزاءُ أو مُقَوِّماتُ الدارة موصُولةً على التوالي أو على التوازي. في دارة التوالي تتّصلُ المُقَوِّماتُ واحدًا بَعْدَ الآخر، كتشابُكِ الأيدي في حَلقة؛ أمّا في دارة التوازي فتتّصِلُ المُقوِّماتُ بعضُها عَبْرَ بعضٍ.

أضواءُ الحَفَلات البديعة توصَلُ الواحدُ تِلْوَ الآخر على امتداد السِّلك نفسه من كَبْلٍ مُزدوج. أمّا السِّلكُ الآخَرُ فيُكمِلُ الدّارة عَودًا من آخر السلسلةِ إلى القابس ومأخذِ الإمْداد.

التوصيلُ على التوازي

عند وَصلِ المُقاومات في دارةٍ على التوازي ينخفضُ مُجملُ المُقاومة. وبذلك تزدادُ شِدّةُ التيّار. ففي مِضمارِ السيّارات الكهربائيّة الدُّمَى يتمّ توصيلُ السيّارات على التوازي؛ وكُلّما ازداد عددُها ينخفضُ مُجملُ مقاوَماتها، ويزدادُ مُجملُ التيّارِ من المَورد. والسيّارات هنا مستقِلّةٌ بعضُها عن بعض، فإذا تعطّلت واحدةٌ منها تستمِرُّ الأُخَرُ في العَمَل.

التوصيلُ على التوالي

عند وَصْلِ المُقاومات في دارةٍ على التوالي يزدادُ مُجملُ المُقاومة. فالتيّارُ السّاري من المَصدر نفسِه في مجموعةٍ من المُقاومات أخفضُ بكثيرٍ من التيّار السّاري في دارة المُقاومِ الواحد. في بعضِ أطقُمِ أنوار الحَفَلات تكونُ البُصَيلاتُ موصولةً على التوالي؛ فإذا تعطّلَتْ واحدةٌ منها، تعطّلَ الطّقمُ بكامِلِه.

المُقاوَمَة

كُلّما ازدادت المُقاوَمةُ في دارةٍ يقِلُّ التيّارُ السّاري فيها؛ وهكذا يمكنُ التحكّمُ في التيّار السّاري في الدارة بمُقوِّمٍ مُتغيِّر. في الرسم المقابِل، يَستخدِمُ حافِتُ المِصباحِ مُقاوِمًا مُتغيّرًا، يتألّفُ من الغرافيت في قلم رَصاص، لتغيير توَهُّجِ البُصَيلة. إنّ تحرُّكَ المُلامِسِ الانزلاقيّ على طولِ القَلْبِ الغرافيتي يُغيّرُ طولَ الكربون الذي يسري فيه التيّار. فبازدياد طول الغرافيت في الدّارة، تزدادُ المُقاوَمةُ ويَقِلُّ التيّارُ فينخفِضُ توهُّجُ البُصَيلة. المُقاوِماتُ المُتغيِّرة الكبيرةُ المُستخدَمةُ لمثل هذا الغرض تُدعى ناظِماتِ التيّار (ريوستاتات).

يَسْري تيّارٌ كبيرٌ إذا كانت المُقاوَمةُ قليلةً، فتتوهّجُ البُصَيلةُ بنورٍ ساطِع.

يَسْري تيّارٌ أقلُّ إذا صارت المُقاوَمةُ أكثر، فيخِفُّ توهُّجُ البُصَيلة.

باستخدام المِحكام اليَدوي يمكنُك تغييرُ شِدّةِ التيّار السّاري عبْرَ مُحرّكِ السيّارة الدُّمْيَة عن طريق الشرائح المَعدنيّة في المِضمار.

مِضْبَطُ الجَهارَة

مِضبَطُ الجهارَة في جهازِ راديو نَموذجيّ هو مُقاوِمٌ مُتغيِّرٌ ذو مُلامِسٍ يَنزلِقُ على مَسارٍ كربونيّ عند إعمال المِضبَط. تُسلَّطُ إشارةٌ صوتيّةٌ عبْرَ المُقاوِم تُستخدَمُ كُلُّها أو جُزءٌ منها لإطلاقِ الصّوتِ تبَعًا لمُعايرةِ المِضبَط. وهذا النوعُ من المُقاوِمات المُتغيّرة يُدعى مِفرَقًا.

مِحكامُ السُّرعة

مِحكامُ السُّرعة في بعضِ نماذجِ أطقُمِ سيّارات السِّباقِ الكهربائيّة يُمكِّنُك من التحكُّمِ في سُرعة كُلِّ سيّارةٍ بمُفرَدِها. فعندما تَضغطُ على الزِّناد، ينزلِقُ مُلامِسٌ على امتداد مقاوِمٍ متغيِّرٍ، مَوصولٍ على التوالي بمأخذِ الإمْدادِ وبإحدى السيّارات. فإن خُفِّضَتِ المقاومةُ تزدادُ شِدّةُ التيّار عبْرَ مُحرِّكِ السيّارة وتزدادُ، بالتالي، سُرعتُها.

أندريه ماري أمْبير

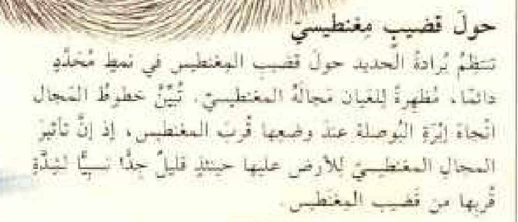
الرِّياضيُّ والعالِمُ الفرنسيُّ أندريه أمْبير (١٧٧٥-١٨٣٦) أجرى تجاربَ مُهِمّةً على التيّارات الكهربائيّة. فأوجد للناس وسائلَ مُبسَّرةً لقِياس شِدّةِ التيّار الكهربائي السّاري في دارةٍ كهربائيّة. وتقديرًا لإسهاماتِه سُمِّيتْ وَحْدةُ شِدّةِ التيّار «الأمبير» باسمه. والأمبير يُعادِلُ سَرَيانَ حوالى ٦ × ١٠ ^١٨^ إلكترون في الثانية.

لمزيدٍ من المعلومات انظر

الكهرباءُ التيّاريّة ص ١٤٨
الكهرمغنطيسيّة ص ١٥٦
الكهرباءُ في البَيت ص ١٦١
حقائقُ ومَعلومات ص ٤١٠



المِغْنَطيسُ لَيسَ دَبِقًا، لكنَّ الأجسامَ الحديديَّةَ أو الفولاذيَّةَ الخفيفةَ تَعلَقُ به؛ فهو مُحاطٌ بمجالِ قُوَّةٍ لامَرئيَّةٍ (هي مَجالُه المغنطيسيّ) يُؤَثِّرُ في موادَّ مُعيَّنةٍ بالقُربِ منه. لِكُلِّ مِغنطيسٍ قُطْبانِ جَنوبيٌّ وشَماليٌّ؛ الأقطابُ المتشابهةُ تتنافَرُ والمُتخالِفةُ تتجاذَب. في مَفهومنا العادِيّ، نُطلِقُ لَفظة مِغنطيس على المِغنطيس الدائم (الذي يَحْتفِظُ بمِغنطيسيَّته)؛ لكنَّ أيَّ قطعةِ حديدٍ تتمَغْنَطُ على مَقرُبَةٍ من مِغنطيسٍ فتكتسِبُ قُطبينِ شَماليًّا وجَنوبيًّا وتُصبحُ مِغنطيسًا. أوَّلُ آستِخداماتِ المِغنطيس كان في البُوصَلةِ المِغنطيسيَّةِ؛ واليومَ تُستخدَمُ المِغنطيسيَّةُ في طرائقَ ومَجالاتٍ مُتعدِّدة.



كُلُّ قطعةٍ من بُرادةِ الحديد تحوَّلتْ إلى مِغنطيسٍ صغيرٍ؛ وتراصفَتْ مع غيرها في مَجالِ المِغنطيس الكبير.

حولَ قضيبٍ مِغنطيسيّ

تنتظِمُ بُرادةُ الحديد حولَ قضيبِ المِغنطيس في نمطٍ مُحدَّدٍ دائمًا، مُظهِرةً للعِيان مَجالَهُ المغنطيسيّ. تُبيِّنُ خطوطُ المَجال اتِّجاهَ إبْرَةِ البُوصلةِ عندَ وضعِها قُربَ المغنطيس، إذ إنَّ تأثيرَ المجالِ المغنطيسيِّ للأرضِ عليها حينئذٍ قليلٌ جدًّا نسبيًّا لِشِدَّةِ قُربِها من قضيبِ المغنطيس.

مِغْنَطيسيَّةُ الأرض

المِنطقةُ المُحيطةُ بالمِغنطيس والتي يَتبيَّنُ تأثيرُه فيها تُسمَّى مجالَه المِغنطيسيّ. وللأرض مجالٌ مغنطيسيٌّ كما لو كانَ في داخلِها قضيبٌ مغنطيسيٌّ دائم. ويُعزَى هذا المجالُ إلى اللُّبِّ المركزيِّ الحديديِّ في باطنِ الأرض.



الشَّفَقُ القُطْبيّ

يجذِبُ القُطبانِ المغنطيسيَّانِ للأرضِ الجُسَيماتِ المشحُونةَ المُنبعثةَ من الشَّمس. عندما تَصدِمُ هذه الجُسَيماتُ الجُسَيماتِ الغازيَّةَ في الجوِّ يَشِعُّ ضوءٌ مُلوَّن. ففي نِصفِ الكُرةِ الشماليِّ يُرى عرضُ الأضواءِ المُلوَّنةِ البهيُّ هذا في المناطقِ القريبةِ من القُطبِ الشماليِّ، ويُدعى «الشَّفقَ الشماليَّ» أو «الفَجرَ الشماليَّ» أو «الأضواءَ القُطبيَّةَ الشماليَّة». وتَحدثُ هذه الظاهرةُ في نصفِ الكُرةِ الجنوبيِّ أيضًا.

البُوصَلة المِغنطيسيَّة

يتَّخِذُ المِغنطيسُ المُرتكِزُ على مِحوَرٍ آتِّجاهًا شَماليًّا جنوبيًّا بتأثيرِ المجالِ المِغنطيسيِّ للأرض. وتُستخدَمُ هذه الظاهرةُ في البُوصَلةِ المِغنطيسيَّةِ؛ لكنْ على البحَّارةِ مُراعاةُ أنَّ البُوصلةَ تُشيرُ فعلًا إلى القُطبِ الشماليِّ المِغنطيسيِّ للأرض، الذي لا يَنطبِقُ موقعُه تمامًا مع القُطبِ الشماليِّ الجُغرافيّ.



تُبيِّنُ بُرادةُ الحديد قُوى التنافُرِ بين قُطبَيْنِ مُتماثِلَيْن.

قُطب جنوبي — قُطب شمالي — قُطب جنوبي — قُطب شمالي

تُبيِّنُ بُرادةُ الحديد قُوى التجاذُبِ بين قُطبَيْنِ مُتخالِفَيْن.

الأقطاب

لِكُلِّ مِغنطيسٍ قُطبانِ شَماليٌّ وجَنوبيٌّ – تَبَعًا للاتجاهِ الذي يتَّخِذُه بالنسبةِ لِقُطبَي الأرضِ المِغنطيسيَّيْن. المعروفُ أنَّ الأقطابَ المُتضادَّةَ تتجاذَبُ والأقطابَ المتماثِلةَ تتنافَر. فالقُطبُ الشماليُّ للبُوصلةِ يتَّجهُ نحوَ الشمالِ لأنَّ نِصفَ الكُرةِ الشماليَّ ذو قُطبٍ مِغنطيسيٍّ جنوبيّ. يمكِنُ تِبيانُ قُوى التجاذُبِ والتنافُرِ بين المِغنطيسات بِبُرادةِ الحديد.

الشُّواظُ الشَّمسيّ

بآستِخدامِ تِلِسكوباتٍ خاصَّةٍ، يستطيعُ الفلكيُّون تصويرَ آندفاقاتِ غازِ الهِدْروجين المُتوهِّجةِ على بُعدِ مِئاتِ أُلوفِ الكيلومترات فوقَ سطحِ الشَّمس، وتُدعى هذه الشُّواظاتِ الشَّمسيَّة. ويَحوي الغازُ المُندفِقُ من هذه الشُّواظاتِ جُسَيماتٍ مشحونةً متحرِّكةً تتأثَّرُ بمِغنطيسيَّةِ الشَّمسِ الهائلة. فالشُّواظُ الشَّمسيُّ الهائلُ المُبيَّنُ هنا يرتفِعُ بفِعلِ القُوى المِغنطيسيَّة.

ماهيّةُ المِغنطيسيّة

المُعتقَدُ عِلميًّا أنّه داخلَ قطعةٍ من الفُولاذ مثلًا، هناك أحوازٌ مُمَغنطةٌ فائقة الدقّةِ تُدعى نُطُقًا. تتّخذُ هٰذه النُّطقُ المُمَغنطةُ اتجاهاتٍ مُتباينةً، فيُبطِلُ بعضُها مَفعولَ البعضِ الآخر، وتظلُّ قِطعةُ الفُولاذ غيرَ مُمَغنَطة. أمّا إذا اتّخذتْ هذه النُّطقُ المُمَغنطةُ اتّجاهًا مُوحّدًا، فإنّ قطعةَ الفُولاذ تُصبِحُ مِغنطيسًا قُطبُه الشماليُّ في الطرف الذي تتّجهُ نحوَهُ الأقطابُ الشماليّة لِتلك النُّطق؛ ويُصبِحُ الطرفُ الآخرُ قُطبًا جنوبيًّا.



في الفُولاذ غيرِ المُمَغنط، تتّخذُ النُّطقُ المُمَغنطةُ الدقيقةُ اتجاهاتٍ مُتباينةً؛ فتُبطِلُ أقطابُها الشماليّة تأثيرَ أقطابِها الجنوبيّة.

دَلْكُ الفُولاذِ بقضيبٍ مِغنطيسيٍّ يستحِثُّ النُّطقَ المُمَغنطة فيه في اتّجاه مُوحّد فيصبحُ مِغنطيسًا.

طَرْقُ المِغنطيس بمِطرقةٍ يرُجُّ النُّطقَ المُمَغنطة بعُنفٍ، فتتباعدُ أقطابُها المُتماثِلةُ ويَفقِدُ المِغنطيسُ مِغنطيسيّتَه.

الدّاراتُ المِغنطيسيّة

يفقِدُ المِغنطيسُ مِغنطيسيّتَه تدريجيًّا إذا ما تُرِكَ على حالِه، لأنّ نُطُقَهُ المُمغنطةَ قد تنحرِفُ عن مَواقِعِها (بخاصّةٍ إذا سُخِّنَ المِغنطيسُ أو رُجَّ بعُنفٍ) وتَفقِدُ تساوُقَها. ولِمَنعِ حُدوثِ ذلك تُوضَعُ قِطعةُ حديدٍ، تُسمّى حافظةً، بين قُطبَي المِغنطيسِ النَّضوي (واثنتان بين كُلٍّ من القُطبَيْن المُتباينَيْن لِقضيبَيْن مِغنطيسيَّيْن) بحيثُ تبقى النُّطقُ المُمغنَطةُ في المِغنطيس مَشدودةً في تساوُقِها، بعضُها إلى بعضٍ في ما يُسمّى دارةً مِغنطيسيّةً. هذه الترتيبةُ بالحافِظات تمنعُ فِقدانَ المِغنطيسيّة.

النُّطقُ المِغنطيسيّةُ الدقيقةُ تحتفِظُ بتراصُفِها بعضُها بالنِّسبة إلى بعض.

حافظة



مَغانِطُ البَرّادات

تُعلَّقُ على البَرّادات أحيانًا بِطاقاتٌ أو صُوَرٌ، لِلتذكيرِ أو الزينة، بِمغانِطَ صغيرةٍ. فالمِغنطيسُ الصغيرُ يَشُدُّ البِطاقةَ أو الورقةَ أو الدُّميةَ الصغيرةَ إلى حديدِ البَرّاد لأنّ تأثيرَ القُوّةِ المِغنطيسيّةِ يعمل عَبْرَ الموادّ التي لا تتمغنَط. في الوقت نفسِه يعملُ جِدارُ البَرّاد (أو الثلّاجة) كَحافِظةٍ تَصونُ مِغنطيسيّةَ المِغنطيس.

شَريطُ (تسجيل) مِغْنَطيسيّ

شَريطُ التّسجيل اللُّدائنيُّ مَطليٌّ بطبقةٍ من أكسيدِ الحديد أو ثاني أكسيدِ الكروم. يُمكِنُ تسجيلُ أنماطٍ مغنطيسيّةٍ على الشريط بواسطة رأسِ تسجيلٍ (واستِعادةٍ) يُحوِّلُ الإشاراتِ الصّوتيّةَ الكهربيّةَ إلى مَجالٍ مِغنطيسيٍّ مُتغيِّرٍ يستحِثُّ هذه الأنماطَ المغنطيسيّةَ على الشريط. عند الاستِعادة يَستحِثُّ الشريطُ المُمَغنطُ إشاراتٍ كهربائيّةً في رأسِ الاستِعادة تعيدُ إنتاجَ الأصواتِ التي سَبَقَ تسجيلُها.

التسجيلُ يُرتِّبُ النُّطقَ المِغنطيسيّة في أنماطٍ مُعيّنة، تتساوقُ مع أنماطِ الإشاراتِ الصَّوتيّة.

إشاراتٌ صَوتيّة

رأسُ تسجيلٍ واستِعادةٍ ذو مَسارٍ كهرمِغنطيسيٍّ مُزدَوج

إشاراتٌ صَوتيّة

شريطٌ جديدٌ أو سبقَ مَسْحُه بواسطة مجالٍ مِغنطيسيٍّ مُتناوبٍ عالي التردُّد يَستبدِلُ بالإشارات المُسجّلة سابقًا على الشريط إشاراتٍ غيرَ مسموعةٍ عالية التردُّد.

تختزِنُ المَعلوماتُ على القُرص كنبَضاتٍ مِغنطيسيّةٍ تمثّلُ واحدًا (بالوَصْل) أو صِفرًا (بالقَطْع).

الأقراصُ المِغْنطيسيّة

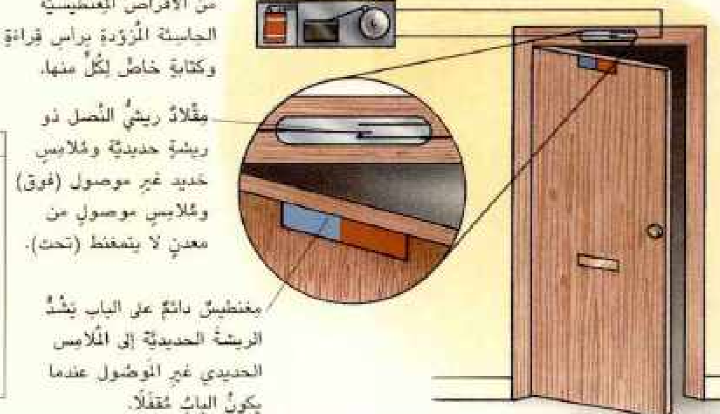
تختزِنُ الحواسيبُ مُعطياتٍ شتّى على أقراصٍ لَدائنيّةٍ مَطليّةٍ بطبقةٍ قابِلةٍ لِلتَّمغنُط. تُدخَلُ المُعطَياتُ إلى الحاسوب على شكلِ إشاراتٍ كهربيّةٍ كما في المُسَجِّلةِ الشَّريطيّة. فيُدَوِّمُ القُرصَ ويُمرِّرُ رأسَ التّسجيل فوقَ سَطحِه مُحوِّلًا الإشاراتِ الكهربيّةَ إلى نَبَضاتٍ مِغنطيسيّةٍ تَتْرُكُ المعلوماتِ مُختزَنةً على القُرص كأنماطٍ مِغنطيسيّة.

يَنتقِلُ رأسُ القراءة والكتابة الكهرمِغنطيسيّ، بتحكُّم الحاسوب، إلى جُزءٍ غُفلٍ من القُرص لِتسجيل المعلومات عليه أو إلى الجُزء حامِلِ المعلومات لاستِعادةِ ما سُجِّلَ سابقًا عليه.

تحوي سَوّاقةُ الأقراص رِزمةً من الأقراص المِغنطيسيّة الجاسِئة المُزوّدة برأس قِراءةٍ وكتابةٍ خاصٍّ لِكُلٍّ منها.

جَرَسُ إنْذارٍ ضِدَّ السَّطو

يُركَّبُ على أعلى الباب (من الداخِل) مِغنطيسٌ دائمٌ ومِقْلادٌ ريشيُّ النَّصل على الإطار. عندما يكونُ البابُ مُقفَلًا، تنضمُّ شريحتا الحديد المِغنطيسيّتان العُلْويّتان بتأثير المِغنطيس. وعند فتح الباب، يبتعدُ المِغنطيس، فترتدُّ الشريحةُ المركزيّةُ خَلفًا لِتمسَّ المُلامِسَ المعدنيَّ اللامِغنطيَّ تحتها، مُكمِلةً الدّارةَ الكهربائيّة، فيُقرَعُ جَرَسُ الإنذار.



مِقْلادٌ ريشيُّ النَّصل ذو رِيشةٍ حديديّةٍ ومُلامِسٍ حديدٍ غيرِ موصول (فوق) ومُلامِسٍ موصولٍ من معدنٍ لا يتمغنط (تحت).

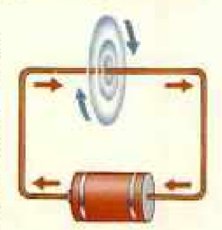
مِغنطيسٌ دائمٌ على الباب يَشُدُّ الرّيشةَ الحديديّةَ إلى المُلامِس الحديديّ غيرِ الموصول عندما يكونُ البابُ مُقفَلًا.

لِمزيدٍ من المعلومات انْظُر

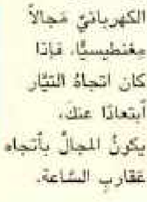
الفِلِزّاتُ الانتِقاليّة ص ٣٦
الكهرمغنطيسيّة ص ١٥٦
المُحرِّكاتُ الكهربائيّة ص ١٥٨
المُولِّدات ص ١٥٩
بِنْيةُ الأرض ص ٢١٢
الشّمس ص ٢٨٤
حقائقُ ومَعلومات ص ٤١٠

الكهرمِغْنَطيسيَّة

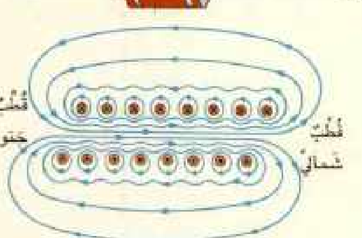
الكثيرُ من النَّبائط كالجَرَسِ الكهربائيِّ والمُحرِّكات ومُكبِّرِ الصوت وغَيرِها تَستخدِمُ الكهرباءَ لِتَوليد المِغْنطيسيَّة. والمعروفُ أنَّ التيَّارَ الكهربائيَّ يُوَلِّد مَجالًا مِغنطيسيًّا؛ والمِغنطيسيَّة المُوَلَّدةُ هٰذه تُعرفُ بالكهرمغنطيسيَّة؛ كما إنَّ المِغنطيسَ الناتجَ يُدعَى مِغنطيسًا كهربيًّا. قد يتساءَلُ البعضُ لِمَ لا نستخدِمُ في هذه النبائطِ مِغنطيسًا دائمًا، وهو لا يَحتاجُ إلى كهرباء - في حين يعملُ المِغنطيسُ الكهربائيُّ فقط عندما يَسري التيَّارُ عبْرَه. السببُ هو أنَّ المِغنطيساتِ الدائمةَ لا تفي بالغَرَض حيثُ يعتمدُ عملُ النبيطةِ على حُدوث المغنطةِ وزوالِها حسَبَ الاقتِضاء؛ إضافةً إلى أنَّه يُمكِنُ تغييرُ قوَّةِ المِغنطيسيَّة بتغييرِ شِدَّة التيَّارِ الكهربائي، وهذه الظاهرةُ مُطبَّقةٌ في مُكبِّراتِ الصَّوت.



يُوَلِّدُ التيَّار الكهربائيّ مَجالًا مِغنطيسيًّا. فإذا كان اتجاهُ التيَّار ابتعادًا عنك، يكونُ المجالُ باتجاه عقارب الساعة.



عندما يَسْري تيَّارٌ كهربائيّ في مِلَفٍّ سِلكيّ، يتولَّدُ مجالٌ مِغنطيسيّ حوله شبيهٌ بمَجال قضيبِ المِغنطيس.



المَجالُ حَوْلَ سِلْكٍ يحمِلُ تيَّارًا

يتولَّدُ مَجالٌ مِغنطيسيّ حَوْلَ سِلْكٍ يَسْري فيه تيَّارٌ كهربائيّ. ويُمكِنُ الكشفُ عنه باستِخدام بُرادةِ الحديد أو البُوصَلة المِغنطيسيَّة.

المَجالُ حَوْلَ مِلَفٍّ سِلْكيّ

تتَّحِدُ المَجالاتُ المِغنطيسيَّة حولَ لَفَّاتِ المِلَفِّ لِتكوِّنَ مَجالًا أقوى. وللمِلَفِّ السلكيّ قُطبانِ شماليٌّ وجنوبيّ كقضيبِ المِغنطيس.



تُضبَطُ شِدَّةُ التيَّار السَّاري عبْرَ المِغنطيسات الكهربيَّة أوتوماتيًّا لِيبقى القطارُ سابحًا على العُلُوِّ الصحيح.

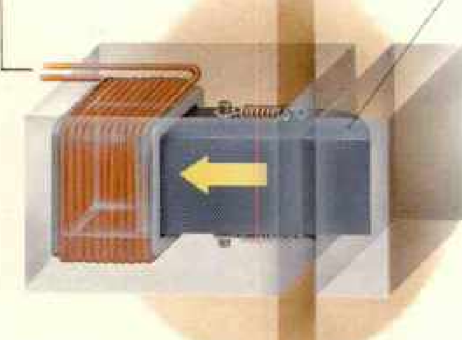
يتَّصلُ قضيبا سِكَّةٍ يحويان مِغنطيساتٍ كهربيَّةً بجانِبَي المَسار؛ ومِغنطيساتُ القطارِ الكهربيَّةُ تعملُ باتجاهِهِما.

التوسيدُ المِغْنطيسيّ

تُوفِّرُ قِطاراتُ التوسيد المِغنطيسيّ (الطافيةُ مِغنطيسيًّا) رحلةً هادئةً سَلِسة. هذه القِطاراتُ لا تدرُجُ على سِكَكٍ حديديَّة بل «تطفو» فوقَها بالتوسيد الكهرمغنطيسيّ. يَسْري التيَّارُ عبْرَ المِغنطيساتِ الكهربيَّة في المَسار وفي مغنطيسات القِطار، فيُولِّد مِغنطيسيَّةً ترفَعُ القِطارَ عن الخَطّ (بالتوسيد المِغنطيسيّ).



قَبْلَ أن تكبِسَ الزِّرَّ لِفَتْحِ سقَّاطة الباب الكهرمغنطيسيَّة، تتَّصِلُ أوَّلًا بالهاتفِ الداخليّ لِتعْرِفَ هويَّةَ الزائر.



تنسحِبُ السَّقَّاطةُ إلى داخلِ المِلَفّ عندما يَسْري التيَّارُ فيه.

سَقَّاطةُ (مِزْلاج) الباب

يُمكنُكَ فتْحُ البابِ الخارجيِّ من غيرِ موقِعِه إذا كان مُجَهَّزًا بسَقَّاطةٍ كهرمغنطيسيَّةٍ يتحكَّمُ بها مِلَفٌّ لَوْلبيّ. فعندَ كَبْسِ زِرٍّ من داخلِ البَيت، يَسْري التيَّارُ عبْرَ المِلَفِّ اللَّولبيّ، ويُوَلِّدُ مِغنطيسيَّةً تَسْحَبُ السَّقَّاطةَ الحديديَّةَ إلى داخلِ المِلَفّ، فيتمكَّنُ الزائرُ من فتحِ الباب. بعدئذٍ يُعيدُ نابضٌ خاصٌّ السَّقَّاطةَ لِترْتِجَ الباب.

هانْز كْرِيستِيان أُورْستِد

لاحَظَ الكيميائيّ والفيزيائيّ الدانمركيّ، هانْز كريستيان أورستد (١٧٧٧-١٨٥١)، أثناءَ تجارِبه على بعضِ الأجهزةِ الكهربائيَّة، عام ١٨٢٠، أنَّه عندَ إمرارِ تيَّارٍ قويٍّ في سِلكٍ انحرفتْ إبْرَةُ البُوصَلة القريبة منه؛ ولم تعُدْ تُشيرُ إلى الشمال. فأدرَكَ أنَّ التيَّارَ الكهربائيَّ وَلَّدَ مِغنطيسيَّةً أثَّرت على اتجاه الإبرة؛ وهكذا اكتشفَ أورستِد العلاقةَ بين الكهرباء والمِغنطيسيَّة (الكهرمِغْنطيسيَّة).



جَرَس

مِطْرَقة

قضيبٌ حديديّ

يُصبِحُ المِلَفَّان مِغنطيسًا كهربيًّا عند سَرَيان التيَّار.

جَرَسُ الباب

جَرَسُ البابِ الكهربائيّ يعملُ بالكهرمغنطيسيَّة (الكهرمغنطيسيَّة). فعندما يَرِنُّ زائرٌ الجرسَ، يَسْري التيَّارُ عبْرَ المِغنطيسِ الكهربيّ، فيَجذِبُ، بمجاله المِغنطيسيّ، قضيبٌ حديديٌّ مُتَّصلٌ بمِطرَقةٍ ويَقرَعُ الجَرَس. حركةُ القضيبِ المِطْرَقيّ هذه تقطعُ الدارة، فتزولُ مَغْنطةُ المِغنطيسِ الكهربيّ ويرتدُّ القضيبُ الحديديُّ إلى موقِعِه مُعيدًا وصلَ الدارة. وتتكرَّرُ هذه العمليَّةُ بسُرعةٍ بحيثُ يُسمعُ رَنينُ الجَرَس مُتواصِلًا.



مِغْنطيسٌ كَهْربيّ

تزدادُ قوّةُ المَجالِ المِغنطيسيّ للمِلَفّ بوضعِ قَلْبٍ حديديّ داخلَه. فإذا لَفَفْتَ مثلًا، عِدّةَ لَفّاتٍ من سِلْكٍ نُحاسيّ معزول حَوْلَ مِسْمارٍ حديديّ، تحصُلُ على مِغنطيسٍ كهربيّ قويّ. ومن الضروريّ أن يكونَ السِّلْكُ معزولًا كي لا يتخطّى التيّارُ اللفّاتِ السِّلكيّةَ ويَمُرَّ في المسمار. وَصِّلْ مِغنطيسَكَ الكهربائيَّ ببَطّاريّةِ مِصباحِ جَيْبٍ، واختبِرْهُ بالتِقاطِ أجْسامٍ حديديّةٍ أو فولاذيّةٍ صغيرةٍ به.

مَكَنةُ البَيْع

كما تُوَلِّدُ الكهرباءُ مِغْنطيسيّةً، كذلكَ يُمكِنُ للمِغْنطيسيّةِ أنْ تُوَلِّدَ كهرباءَ. وتُستخدَمُ هذه الظاهرةُ لِتعرُّفِ القِطَعِ النقديّةِ في مَكَناتِ البَيْعِ. في هذه المكَنة تَمُرُّ القِطعةُ النَّقديّةُ عَبْرَ مَجالٍ مِغْنطيسيّ يستحِثُّ تيّارًا كهربائيًّا دَوّاميًّا فيها. وهذا التيّار يُوَلِّدُ بدورِه مَجالًا مِغنطيسيًّا يُبَطِّئُ حركةَ القطعة النقديّة.

تُستخدَمُ مكَنةُ البَيْعِ الكهرمِغْنَطيّةُ لِتعرُّفِ القِطَعِ النقديّةِ الأصيلة.

جِراحةُ العَيْن

يَستخدِمُ طبيبُ العُيونِ مِغْنطيسًا كهربيًّا لإزالةِ شَظيّةٍ فُولاذيّةٍ من عَيْنٍ مُصابة. فبَعْدَ تركيزِ المِغنطيسِ الكهربيّ في الموقعِ الصحيح، يُمَرِّرُ تيّارًا كهربائيًّا عَبْرَه، فتَجذِبُ المِغنطيسيّةُ الشَّظيّةَ من العَيْن.

بِاستِخدامِ المِغنطيسِ الكهربيّ يستطيعُ الطبيبُ إزالةَ شَظيّةٍ بسُرعةٍ ودِقّةٍ أكثرَ من إزالتِها يدويًّا.

المِجْهار (مُكَبِّرُ الصَّوت)

يُحوِّلُ المِجْهارُ الإشاراتِ الكهربائيّةَ إلى أمواجٍ صوتيّة. تَمُرُّ الإشاراتُ عَبْرَ مِلَفٍّ، حَوْلَ رَقَبةِ بُوقٍ مَخروطيّ وَرَقيّ، يعمل كمِغْنطيسٍ كهربيّ، على مَقربةٍ من مِغنطيسٍ دائمٍ قويّ. عندما يَسْري التيّارُ في اتجاهٍ مُعَيَّن، تدفعُ القُوى المِغنطيسيّةُ البوقَ المخروطيَّ والمِغنطيسَ الكهربيَّ إلى الخارج. وعندما يَسْري التيّار في الاتجاه المُضادّ، ينجذبُ البوقُ المخروطيُّ إلى الداخل؛ وذبذباتُ البوقِ المخروطيّ هذه تُوَلِّدُ أمواجًا صوتيّة.

مِعْيارُ الوَقُود في السيّارة

تُبيِّنُ الكهرمغنطيسيّةُ لِسائقِ السيّارة مقدارَ الوَقُودِ المُتبقّي لديه. في مِعْيارِ الوَقُود يُركَّزُ مِغنطيسٌ كهربيّ داخلَ مِغنطيسٍ دائم، وعندما يَسْري تيّارٌ عَبْرَ المِغنطيسِ الكهربيّ ينعطِفُ هذا، نحو المِغنطيسِ الدائم، بمِقدارٍ يَعتمِدُ على شِدّةِ التيّار. في داخلِ خزّانِ الوَقُود، تحرِّكُ عائمةٌ مُقاوِمًا مُتغيِّرًا يحكُمُ سَرَيانَ التيّار في مِقياسِ الوَقُود. فعندما يكونُ مُستوى الوَقُودِ عاليًا، يَسْري تيّارٌ عالٍ مُسبِّبًا انحرافًا كبيرًا في مُؤشِّرِ المِعيار.

كاشِفُ الفِلِزّات

في بعضِ المطارات، قد يتوجَّبُ عليكَ المرورُ عَبْرَ مَجازٍ قَنطريّ كاشفٍ للفِلِزّات في طريقِكَ إلى الطائرة. توجَدُ داخلَ المَجازِ مِلَفّاتٌ سلكيّةٌ كبيرةٌ تحمِلُ تيّارًا كهربائيًّا. فإذا عَبَرَ شخصٌ يحمِلُ مُسَدَّسًا مثلًا، يُغيِّرُ فِلِزُّ المُسدَّسِ كهرمغنطيسيّةَ المِلَفّات؛ فيكتشِفُ المَجازُ هذا التغيُّرَ ويُطلِقُ الإنذار.

لمزيدٍ من المعلومات انْظُر

الكهرباءُ التيّاريّة ص ١٤٨
المِغْنطيسيّة ص ١٥٤
الصَّوت ص ١٧٨
حقائقُ ومعلومات ص ٤١٠

المُحرِّكاتُ الكهربائيَّة

الكثيرُ من المَكِنات التي نَستخدِمُها يوميًّا تُشغَّلُ بمُحرِّكٍ كهربائيّ. وهو مُحرِّكٌ يحوِّلُ الطاقةَ الكهربائيَّةَ إلى حركةٍ اعتمادًا على حقيقةِ أنَّ السِّلْكَ حاملَ التيّار يُوَلِّدُ مَجالًا مِغنطيسيًّا؛ وهو، في مجالٍ مغنطيسيٍّ آخَر، يتعرَّضُ لِقوَّةٍ يُمكِنُ أن تُنتِجَ حركةً. المُحرِّكاتُ الكهربائيَّةُ مَصادِرُ قُدرةٍ مُريحةٌ لأنَّها نظيفةٌ وهادئةٌ نوعًا، ومُتعدِّدةُ الاستعمالات. لِذا تُستخدَمُ في تشغيلِ الغَسّالاتِ والخَلّاطاتِ والمُسجِّلاتِ الفِيديُويَّة ومعازفِ الأُسطوانات وغيرِها. كما تَستخدِمُ السيّاراتُ مُحرِّكاتٍ كهربائيَّةً لِبَدْءِ الحَرَكةِ وتشغيلِ مَسّاحاتِ الزُّجاج. لكنَّ قِلةً من السيّارات فقط تعملُ بمحرِّكاتٍ كهربائيَّة، لأنَّ البطاريَّةَ من حَجمٍ عَمليٍّ معقولٍ لا تستطيعُ اختزانَ طاقةٍ كافيةٍ لتسييرِ سيّارةٍ عَصريَّةٍ مسافاتٍ طويلة.

قاعِدةُ اليَد اليُسْرَى

يُمكِنكَ تحديدُ اتّجاهِ الحركة لِسِلكٍ يحمِلُ تيّارًا كهربائيًّا في مجالٍ مغنطيسيّ بتطبيقِ قاعدةِ اليد اليُسرى لِفْلِمِنْج. اِجعلِ الإبهامَ والسبّابةَ والوُسطى من أصابعِ يَدِكَ اليُسْرَى في وَضعٍ مُتعامِدٍ إحداها مع الأُخرَيَيْن، كما هو مُبيَّنٌ في الشكل.

تُشيرُ الإبهامُ إلى اتّجاه حَرَكةِ السِّلْك.

تُشيرُ السبّابةُ إلى اتّجاه المَجالِ المغنطيسيّ

تُشيرُ الوُسطى إلى اتّجاه التيّار الكهربائيّ.

مَجالٌ مغنطيسيّ

مِلَفّ

قُطْبٌ جنوبيّ

اتّجاهُ الدّوران

فُرْجون

اتّجاهُ التيّار

مِغنطيسٌ دائم (قُطْبٌ شماليّ)

مُبدِّل (عاكسُ التيّار)

بطّاريّة

١. يَسْري التيّارُ في المِلَفّ، فيندفِعُ جانبُه الأيمنُ إلى أسفل وجانبُه الأيسَرُ إلى أعلى، بتأثيرِ المجالِ المغنطيسيّ للمغنطيس الدائم وَفقًا لِقاعدة اليدِ اليُسْرى لِفلمنج.

٢. يُتابِعُ المِلَفُّ دورانَه نحوَ الخَطِّ العموديّ، فيحمِلُه قُصورُه الذاتيُّ على الدوران أبعدَ قليلًا.

٣. عند تخطّي الخَطِّ العموديّ، يَعكِسُ المُبدِّلُ توصيلاتِ الفُرجونَيْن فينعكِسُ اتّجاهُ التيّار في المِلَفّ؛ والجانبُ الذي كان تحرَّكَ إلى أعلى يتحرَّكُ الآنَ إلى أسفل.

٤. يُتابِعُ المِلَفُّ دورانَه؛ وهنا أيضًا يحمِلُه قصورُه الذاتيّ على تخطّي الوضعِ العموديّ بقليل. إنَّ عكْسَ التيّار الناتجَ كُلَّ نصفِ دورةٍ يُبقي المِلَفَّ مُستمِرَّ الدوران.

جوزيف هِنْري

الفيزيائيُّ الأمريكيُّ جوزيف هِنري (١٧٩٧-١٨٧٨) قام باكتشافاتٍ مُهِمَّةٍ في مَجالات الكهرمغنطيسيّة. فحسَّنَ تصاميمَ المغانِطِ الكهربيّة، وصنَعَ أوَّلَ مُحرِّكٍ كهربائيّ عام ١٨٢٩. استطاعَ بمغنطيسَيْه الكهربائيَّيْن جعلَ ذراعٍ مُتَمحوِرٍ تترجَّح صُعُودًا وهُبُوطًا.

مُحرِّكٌ بسيط

في المُحرِّكِ الكهربائيّ البسيط يتمُّ إمدادُ المِلَفّ بتيّارٍ مُستمِرٍّ من قضيبَيْ كربونٍ قصيرَيْن هما الفرجونان. يقَعُ المِلَفُّ بينَ قُطبَيْ مِغنطيسٍ دائمٍ شماليّ وجنوبيّ، حيثُ يعمَلُ تأثيرُ مَجالَي المِلَفِّ والمِغنطيسِ الدائم على دَفعِ المِلَفّ للدّوران. ولِمُواصلةِ الدوران، يُعكَسُ اتّجاهُ التيّار في المِلَفّ كُلَّ نصفِ دورةٍ بواسطةِ عاكسٍ لِلتيّار يُدعى المُبدِّل. وبِدَورانِ المِلَفِّ المُستمِرّ، يُدار المُحرِّك.

يتلقّى المُبدِّلُ الكهرباءَ من الفرجونَيْن فيجعلُ المِلَفّاتِ السلكيَّةَ تتابِعُ دورانَها في الاتّجاه الصحيح.

شرائحُ فِلِزِّيَّةٌ توصِلُ المَدَدَ الكهربائيّ عن خطِّ السِّكّة إلى مُبدِّل المُحرِّك.

المِلَفّاتُ الملفوفةُ حَوْلَ قُلوبٍ حديديّةٍ تعمَلُ كمغانِطَ كهربيّة، وهي موصولةٌ بمُبدِّلِ المُحرِّك.

مُحرِّكاتٌ مُتعدِّدةُ الأقطاب

في المُحرِّكِ البسيط، تكونُ قوَّةُ التدويرِ لِسِلْكٍ يحمِلُ تيّارًا هي الأشدَّ عندما تكونُ لَفّاتُه مُسامِتةً مع المَجالِ المغنطيسيّ، والأضعفَ عندما تكونُ لَفّاتُه مُتعامدةً مع هذا المَجال. لكنَّ مُعظَمَ المُحرِّكاتِ الكهربائيَّةِ تحوي عِدَّةَ مِلَفّاتٍ تُنتِجُ قوَّةَ تدويرٍ أسلَس. ويُغَذّى التيّارُ إلى المِلَفّاتِ بواسطةِ مُبدِّلٍ مُتعدِّدِ القِطَع.

دواليبُ القاطرةِ النموذج تتلقّى المَدَدَ الكهربائيّ من خطِّ السِّكّةِ المُكَهرَب.

تيّارٌ مستمِرٌّ خفيضُ الفُلطيّة يمدُّ خطَّ السِّكّة.

القِطارُ النموذج

يُسيِّرُ مُحرِّكٌ كهربائيٌّ هذه القاطرةَ النموذج. فتتلقّى دواليبُها الكهرباءَ من خطِّ السِّكّةِ المُكهرَب بواسطةِ أسلاكٍ تَصِلُ الدواليبَ بشرائحَ فِلِزِّيَّةٍ تُلامِسُ مُبدِّلَ المُحرِّك. هنالِكَ وَحدةُ تحكُّمٍ يُمكِنُها تغييرُ الفُلطيَّةِ التي يُغذّى بها خطُّ السِّكّة. وبارتفاعِ الفُلطيَّة يشتَدُّ المَجالُ المغنطيسيّ لِمِلَفّاتِ المُحرِّك؛ وهذا يعني دورانًا أسرعَ لِلمُحرِّك وزيادةً في سُرعةِ القاطرة.

مِغنطيسٌ دائمٌ يُوَلِّدُ مَجالًا مِغنطيسيًّا تدورُ فيه المِلَفّاتُ السِّلكيَّة.

لمزيدٍ من المعلوماتِ انظُر

القُوى والحَرَكة ص ١٢٠
المُحرِّكات ص ١٤٣
الكهرباءُ التيّاريَّة ص ١٤٨
الكهرمغنطيسيَّة ص ١٥٦
حقائقُ ومعلومات ص ٤١٠

المُوَلِّدات

الكهرباءُ التي نستخدِمُها يوميًّا تُوَلِّدُها مَكِنَاتٌ قويّةٌ تُدعى مُوَلِّدات؛ وهي تَعملُ بطريقةٍ مُعاكِسةٍ لعَمل المُحرِّكات - إذ تُحوِّلُ الحَرَكةَ إلى كهرباء. يَعتمِدُ عَمَلُ المُوَلِّداتِ على مَبدإ الحَثِّ الكهرمغنيطي، الذي مَفادُه أنَّ الكهرباءَ تتولَّدُ في مُوَصِّلٍ يتحرَّكُ عَبْرَ مَجالٍ مِغنطيسيّ، أو عندما يتحرَّكُ مَجالٌ مِغنطيسيٌّ أو تَتغيَّرُ شِدَّتُه على مَقْرُبةٍ من مُوصِّل. وتُستَخدَمُ المُوَلِّداتُ الكبيرة في مَحطّاتِ توليد القُدرةِ لإنْتاج الإمْدادِ الرئيسيّ الذي يُوَزَّعُ على المنازِلِ والمَصانع. وتُدارُ المُوَلِّداتُ بوسائلَ مُختلِفةٍ كالتُّربينات البُخاريَّةِ أو المائيَّة أو الهوائيَّة. أمَّا المُوَلِّداتُ الصغيرة المعروفةُ بالدينامُوات فتُستخدَمُ لتزويد مصابيحِ الدرَّاجاتِ بالقُدرة.



قاعِدَةُ اليَد اليُمنى

يُمكِنُك تحديدُ اتّجاهِ سَريانِ التيّارِ المُتولِّد في مُوَصِّلٍ عندما يتحرَّكُ عَبْرَ مَجالٍ مِغنطيسيّ بتطبيق قاعدةِ اليَدِ اليُمنى لفلمنج. ففي وَضْعِ التعامُدِ الثُّلاثيّ لأصابع اليَدِ اليُمنى كما هو مُبيَّن، تُشيرُ الإبهامُ إلى اتّجاه الحَرَكة، والسَّبّابةُ إلى اتّجاهِ المَجال، والوُسطى إلى اتّجاه التيّارِ المُتوَلِّد.

دينامُو الدرّاجة

يديرُ دينامُو الدرّاجةِ دولابٌ صغير مُضرَّسٌ يُضغَطُ على إطارِ عَجَلة الدرّاجة الخلفيّة. فعندما تتحرَّكُ الدرّاجة، تدورُ العَجَلةُ ويَدورُ معها دولابُ الدينامو المُضرَّسُ مُدَوِّمًا مِغنطيسًا دائمًا قُربَ مِلَفٍّ مَلفوفٍ حَوْلَ قلبٍ حديديّ. وبفِعلِ تَغيُّرِ المَجالِ المغنطيسيّ للمِغنطيس الدائم، تتولَّدُ الكهرباءُ في أسلاكِ المِلَفّ - أي إنَّ التأثيرَ الكهرمغنطيَّ استَحَثَّ فُلطيّةً في المِلَفّ.

مُوَلِّدُ التيّار المُستمِرّ

في مُوَلِّد التيّارِ المستمِرّ هذا، يُدارُ المِلَفُّ بين قُطبَي مِغنطيسٍ دائم؛ فيُعكَسُ اتّجاهُ التيّارِ المُتولِّد في المِلَفّ كُلَّ نِصفِ دَورة، لأنَّ كُلَّ جانبٍ منه يَمُرُّ بالتناوُب صُعودًا ثُمَّ هُبوطًا عَبْرَ المَجال المغنطيسيّ. وهكذا فإنَّ التيّارَ السّاري في البُصَيلة هو تيّارٌ مُستمِرّ، لأنَّ المُبَدِّلَ يُبدِّلُ التوصيلاتِ كُلَّ نِصفِ دَورة.

المُنَوِّب

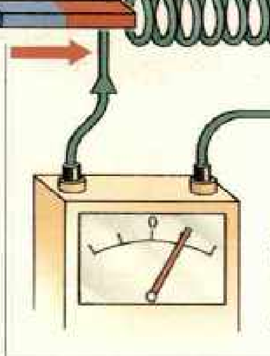
المُوَلِّدُ الذي يُنتِجُ تيّارًا مُتردِّدًا يُدعى المُنَوِّب. ففي النَّموذجِ البسيطِ المُقابِل، يُدَوَّمُ مِلَفٌّ سِلكيٌّ بين قُطبَي مِغنطيسٍ دائم؛ فيتولَّدُ تيّارٌ في السِّلك يُحمَلُ إلى البُصَيلة بواسطة فرجونَي الكربون. ويتناوبُ التيّارُ الساري في المِلَفّ والبُصَيلة (مُغيِّرًا اتجاهه) باستمرار، فيُسمّى تيّارًا مُتناوِبًا أو مُتردِّدًا.

يتولَّدُ التيّارُ المُستمِرُّ في نبضاتٍ تَسْري باتّجاهٍ واحدٍ فقط.

يتولَّدُ التيّارُ المُتناوِبُ في تموُّجاتٍ تَسْري أوّلًا باتّجاهٍ، ثمّ في الاتّجاه المُعاكِس.

ميكرُوفُون ذو مِلَفٍّ مُتحرِّك

يُوَلِّدُ الميكروفون إشاراتٍ كهربائيّةً من الأمواج الصوتيّة. ففي الميكروفون ذي المِلَفِّ المُتحرِّك، تَصدِمُ الأمواجُ الصوتيّةُ الرِّقَّ فتَهُزُّ مِلَفًّا مُوضَعًا بين قُطبَي مِغنطيسٍ دائم. وهكذا فإنَّ الفُلطيّةَ المُستحَثّةَ في المِلَفّ تتغيَّرُ شِدّةً وتردُّدًا تبعًا لشِدّة وتردُّد الأمواج الصوتيّة.



مايكِل فارادي

مايكِل فارادي (١٧٩١-١٨٦٧) ابنُ حَدّادٍ إنكليزيّ. عَمِلَ في صِباه كمُجلِّدِ كُتُب؛ فاستهوتْهُ الكتبُ العِلميّةُ التي كان يُجلِّدُها، ودفعَتْهُ إلى دراسة الفيزياء فأنجزَ فيها اكتشافاتٍ عِدّة. في عام ١٨٢١، اكتشفَ فارادي إمكانيّةَ إنتاجِ حركةٍ دورانيّةٍ بالكهرباء - وهي المبدأ الذي تقومُ عليه المُحرِّكاتُ الكهربائيّةُ اليوم. وفي عام ١٨٣١، بيَّن أنَّ الحَرَكةَ النِّسبيّةَ بين مغنطيسٍ ومِلَفٍّ يُمكنُها أنْ تَستحِثَّ الكهرباءَ في المِلَفّ - وهي الفكرةُ التي أدَّتْ إلى إنتاجِ المُوَلِّداتِ الكهربائيّةِ الحديثة.

لمزيد من المعلومات انْظُر

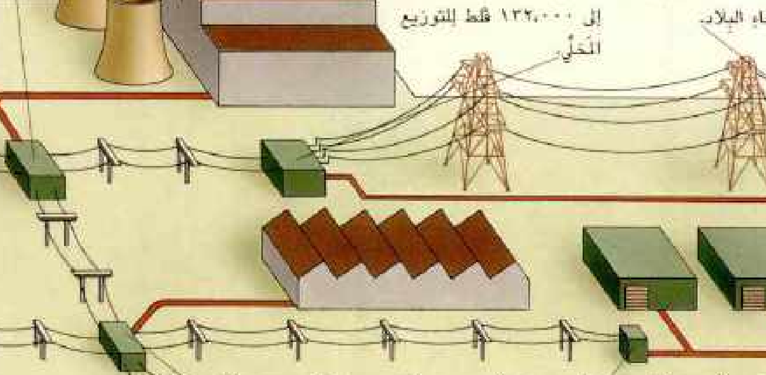
الطّاقةُ النَّوويّة ص ١٣٦
المُحرِّكات ص ١٤٣
الكهرمغنطيسيّة ص ١٥٦
إحداثُ الصَّوت وسَماعُه ص ١٨٢
الطَّيْفُ الكهرمغنطيسيّ ص ١٩٢

الإمدادُ الكهربائيّ

المَقابِسُ الجِداريَّةُ في البيت أو المكتب أو المصنع تزوِّدُنا بالكهرباء لأنَّها مَوْصولةٌ بشبكةِ الإمدادِ من مَحطَّات القُدرةِ الكهربائيَّة. في محطة القُدرةِ تُدارُ التُّربيناتُ بالقُدرة البُخاريَّةِ أو المائيَّة أو بقُدرةِ الرِّياح. وهذه التُّربيناتُ تُديرُ المُولِّداتِ الكهربائيَّة، مُحوِّلةً طاقةَ الحركة إلى طاقةٍ كهربائيَّة. مُعظمُ المُولِّداتِ هي من نوعِ المُنوِّبات التي تُنتِجُ تيَّارًا كهربائيًّا مُتناوِبًا. التيَّارُ المُتناوِبُ أكثرُ مُلاءَمةً لمختلف الاستعمالاتِ من التيَّار المستمرّ لأنَّ فُلطيَّته يمكنُ تغييرُها بالمُحوِّلاتِ رَفعًا أو خَفضًا. وهكذا يُمكِنُ إمدادُ المصانعِ والمكاتبِ والمنازلِ بفُلطيَّاتٍ مُختلِفةٍ حسبَ الحاجة.

أبراجُ القُدرة

الطريقةُ الأقلُّ تكلِفةً لتوزيعِ الكُبولِ الكهربائيَّة في طُولِ البلادِ وعَرْضِها هي تعليقُها من أعمدةٍ بُرجيَّة. وتُعزَلُ الكبولُ عن مَحامِلِها جيِّدًا لمنعِ شُرُوبِ التيَّارِ إلى الأبراج. وفي المُدُن يَجري توزيعُ الكُبولِ غالبًا في أنابيبَ مَطمورة.



إمدادُ القُدرة

تُرسِلُ مَحطَّاتُ القُدرةِ الكهرباءَ عبْرَ كُبولٍ طويلةٍ إلى المنازلِ والمكاتبِ والحوانيتِ وسِكَكِ الحديدِ والمزارعِ والمصانع. ويُمكِنُ إرسالُ هذه القُدرةِ بفُلطيَّةٍ خفيضةٍ وتيَّارٍ عالٍ، أو بفُلطيَّةٍ عاليةٍ وتيَّارٍ خفيض. المُقاوَمةُ في الكبول تُهْدِرُ بعضَ القُدرة كطاقةٍ حراريَّة، وهذا الهَدْرُ أخفضُ كثيرًا على تيَّارٍ خَفيض؛ لذا يَجري إمدادُ الكهرباءِ من محطةِ القُدرة على فُلطيَّةٍ عاليةٍ لخَفضِ التيَّار، وبالتالي خفضِ مفقوداتِ القُدرة. وتُخفِّضُ المُحوِّلاتُ الفُلطيَّةَ على مراحلَ لتُوفِّرَ الإمدادَ المطلوبَ لمختلِفِ المُستهلِكين.

قَلْبٌ حديديّ

المِلَفُّ الابتدائيّ

المِلَفُّ الثانويّ

المِلَفُّ الأوّل

المِلَفُّ الثاني

في مُحوِّلِ رَفعِ الفُلطيَّة، لفَّاتُ المِلَفِّ الثانويّ أكثر.

في مُحوِّلِ خَفْضِ الفُلطيَّة، لفَّاتُ المِلَفِّ الثانويّ أقلُّ منها في المِلَفِّ الابتدائي.

المُحوِّلات

يتوجَّبُ خفضُ الفُلطيَّات العالية من الكُبولِ بالمُحوِّلات إلى مُستوياتِ الاستخدامِ في البيوت. يتألَّفُ المُحوِّلُ البسيطُ من مِلَفَّين سِلكيَّين مَلفوفَين حَوْلَ القَلبِ الحديديِّ نفسِه. الفُلطيَّةُ المُتناوِبةُ المُسلَّطةُ على المِلَفِّ الابتدائي في المحوِّل تُولِّدُ مَجالًا مغنطيسيًّا مُتغيِّرًا في القَلب الحديديّ؛ وهذا يَستحِثُّ فُلطيَّةً مُتناوِبةً في المِلَفِّ الثانوي.

نِقولَا تِسْلَا

عام ١٨٨٧، سجَّلَ المُخترِعُ الأمريكيُّ نِقُولَا تِسْلَا (١٨٥٦-١٩٤٣) براءةَ اختراعٍ لمنظومةِ توليدٍ وتوزيعٍ للتيارِ المتناوِبِ تفوَّقت على منظومةِ رئيسه السابقِ توماس أديسون لتوليدِ التيَّارِ المستمِرّ. وكان الرجُلانِ مُرشَّحينِ لنَيلِ جائزةِ نوبل مشاركةً بينهما عامَ ١٩١٢، لكنَّ تِسْلَا رفضَ أن يكونَ له أيَّةُ علاقةٍ بأديسون - فلم تُمنَحِ الجائزةُ لأيٍّ منهما.

لمزيدٍ من المعلومات انظر

الفِلِزَّاتُ الوَضيعة ص ٣٨
الشُّغلُ والطاقة ص ١٣٢
مَصادِرُ الطاقة ص ١٣٤
الخَلايا والبطَّاريَّات ص ١٥٠
المُولِّدات ص ١٥٩
حقائقُ ومعلومات ص ٤١٠

الكهرباءُ في البيْت

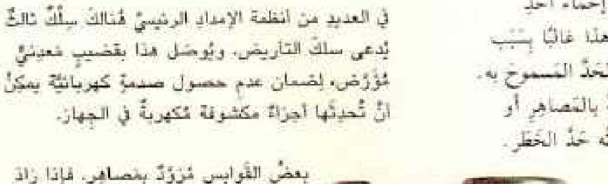
الذين تُتاحُ لَهُم الكهرباءُ بكَبْسَةِ زرٍّ أو بإدارة مِقْلادٍ (مِفتاحٍ) قد يتناسَونَ مِقدارَ أعتمادِ الإنسانِ المُعاصِرِ على الكهرباء. فالإمدادُ الكهربائي، الآتي من محطَّةِ قُدرةٍ نائيةٍ، يُسَيِّرُ أُمورَ بُيوتنا؛ وإذا ما طَرأَ عُطْلٌ يوقِفُه، نَشْعُرُ كَمْ هي الحياةُ صَعبةٌ بِدونِه. فالعديدُ من وسائلِ العيشِ وأجهزةِ المنزل يَتعطَّل - تَنْطفِئُ الأنوارُ، فنَتَلَمَّسُ الشُّموعَ؛ التِّلفازُ لا يَعملُ، فنلجأُ إلى راديو بطاريَّةٍ لِنَتَتَبَّعَ الأحداثَ؛ والدفّاياتُ والبرّاداتُ والمكيِّفاتُ والغسّالاتُ والجلّاياتُ والمُجفِّفاتُ والأفرانُ الكهربائيَّةُ تعجزُ عن أداءِ وظائفِها؛ والكُلُّ يَنتظرونَ الفرَجَ بِعودةِ التيّارِ الكهربائيِّ إلى البَيت!

صَمَجةُ النُّورِ الكهربائي

تضُمُّ مُعظمُ الصَّمَجاتِ الكهربائيَّةِ سِلْكًا رفيعًا من التَّنْجِسْتِن يُدعى الفَتيلَة، مُرَكَّبًا داخلَ بُصَيلةٍ زجاجيَّةٍ مُحكَمَةِ السَّدِّ. فعندما يَسري التيّارُ فيها تتوَهَّجُ الفتيلةُ لِدرجةِ الابيضاضِ وتسطعُ بالنور. والفتيلةُ تَدومُ طويلًا دونَ أن تحترِقَ، لأنَّ الصَّمَجةَ لا تحوي الأكسجينَ (اللّازمَ لِلاحتِراق).

الدّاراتُ الكهربائيَّةُ المنزليَّة

الإمدادُ الكهربائيُّ الواردُ إلى منازلِنا يَمُرُّ أوّلًا عَبْرَ مَصاهِرَ رئيسيَّةٍ؛ ومِنها يسري إلى عَدّادٍ يقيسُ كَمّيَّةَ الكهرباءِ التي نستهلِكُها. وتُوصَلُ وَحْدَةُ أستهلاكٍ في الجانبِ الآخَرِ من العَدّادِ تحوي مَصاهِرَ (أو قواطِعَ داراتٍ) تَقي داراتِ المنزِل.



تتفرَّعُ أضواءُ السَّقْفِ من دارةٍ كهربائيَّةٍ تمتدُّ بينَ تركيباتِه.

أجهزةٌ مختلفةٌ تُغذّى من المقابسِ الجِداريَّة.

القُرْنُ الكهربائيُّ يتطلَّبُ تيّارًا قويًّا، لِذا تُخصَّصُ له دارةٌ مُستقِلَّة.

تُوصَلُ جميعُ المقابسِ الجداريَّةِ في الطابقِ الواحدِ بدارةٍ إطاريَّةٍ تُدعى المأخذَ الرئيسيَّ الحَلَقيَّ لَهُ.

تحوي وَحْدَةُ الاستهلاكِ مَصاهِرَ أو قواطِعَ داراتٍ تُغذّي الدّاراتِ الكهربائيَّةَ المختلفةَ في البيت. الوَحدةُ المُصَمَّمةُ لاستيعابِ مَصاهِرَ فقط تُدعى عُلبةَ المَصاهِر.

يقيسُ العَدّادُ الكهربائيُّ كمّيَّةَ الطاقةِ الكهربائيَّةِ المُستهلَكة.

الإمدادُ الرئيسيُّ الواردُ بِفُلطيَّةٍ مقدارُها ١١٠ أو ٢٢٠ فُلط يَمُرُّ أوّلًا عَبْرَ مَصاهِرَ قويَّةِ الاحتمال.

القوابِسُ والمَقابِس

تُغذّى الأجهزةُ الكهربائيَّةُ من مآخِذِ الإمدادِ الكهربائي. ويَتِمُّ ذلك بإيلاجِ قابِسٍ من الجهازِ، مُتوافِقِ النمط، في مَقبِسٍ يتَّصِلُ بمأخَذِ الإمداد. وتَستخدِمُ البُلدانُ المختلفةُ ألوانًا رَمزيَّةً مختلفةً لأسلاكِ التمديداتِ الكهربائيَّة.

في أبسطِ أنظمةِ الإمدادِ الرئيسيِّ، يُستخدَمُ سِلْكانِ فقط؛ لذا يُكتفى بالقوابسِ ذاتِ المِسْمارَيْنِ ومقابسِها.

في العديدِ من أنظمةِ الإمدادِ الرئيسيِّ هُنالكَ سِلْكٌ ثالثٌ يُدعى سلكَ التأريض. ويُوصَلُ هذا بقضيبٍ معدنيٍّ مُؤرَّض، لِضمانِ عدمِ حصولِ صدمةٍ كهربائيَّةٍ يمكِنُ أنْ تُحدِثَها أجزاءٌ مكشوفةٌ مُكهربةٌ في الجهاز.

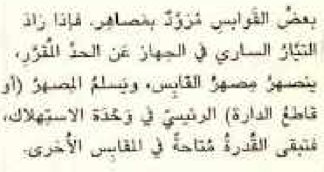
سِلْكُ التأريض

بعضُ القوابسِ مُزوَّدٌ بِمَصاهِر. فإذا زادَ التيّارُ الساري في الجهازِ عَنِ الحدِّ المُقرَّر، ينصهِرُ مِصهرُ القابِس، ويَسلمُ المِصهرُ (أو قاطِعُ الدارة) الرئيسيُّ في وَحدةِ الاستهلاك، فتبقى القُدرةُ مُتاحةً في القابسِ الأُخرى.

مِصْهر

وِقايةُ الدّارةِ الكهربائيَّة

قد تُسَبِّبُ الكهرباءُ عَرَضًا بالحرائقِ لِفَرْطِ إحماءِ أحدِ الأسلاكِ حتى درجةِ الاحمرار. ويحدثُ هذا غالبًا بسببِ عُطلٍ بِقِصَرِ الدارة فيتجاوزُ التيّارُ السّاري الحَدَّ المَسموحَ به. ولِمَنْعِ حُدوثِ ذلك تُوقَى الدّاراتُ المنزليَّةُ بالمَصاهِرِ أو القواطِعِ التي تقطعُ التيّارَ إذا ما بلَغت شِدَّتُه حَدَّ الخَطَر.



ينْصهِرُ هذا السِّلْكُ فتَنقطِعُ الدّارةُ الكهربائيَّة.

المِصْهرُ سِلْكٌ، داخِلَ غِلافٍ عازِل، يؤلِّفُ الحَلقةَ الأضعفَ في الدّارةِ الكهربائيَّة. وهو ينصهِرُ أو يحترِقُ بأمانٍ عند الارتِفاعِ المُفرِطِ لِلتيّار. والمَصاهِرُ مُتوافِرةٌ بقياساتٍ مُختلِفةٍ لاحتِمالِ تياراتٍ مُختلِفةِ الشِّدَّة.



قاطِعُ الدّارةِ مِقلادٌ كهرمغنطيسيٌّ يقطعُ التيّارَ عندما تتجاوزُ شِدَّتُه الحَدَّ المسموحَ به.



القُدرةُ والطّاقة

القُدرةُ، أي مُعَدَّلُ أستِخدامِ الطّاقة، تُقاسُ بالواط. فعندما تسري الكهرباءُ في مُقاوِمٍ، يُمكِنُ احتِسابُ القُدرةِ بِضَرْبِ الفُلطيَّةِ في شِدَّةِ التيّار. فإذا كانت شِدَّةُ التيّارِ ٤ أمْبير في دارةِ مَوقِدٍ يعملُ على فُلطيَّة ٢٢٠ فُلط، تكونُ القُدرةُ ٨٨٠ واط. أمّا مُجمَلُ الطّاقةِ المُستهلَكة، فهو حاصلُ ضَرْبِ القُدرةِ في زمنِ تشغيلِ المَوقد. ففي مُدّةِ ساعتينِ مثلًا، يستهلِكُ المَوقدُ ٢ × ٨٨٠ = ١٧٦٠ واط ساعة، أي ١,٧٦ كيلوواط ساعة.

لِمزيدٍ من المعلومات انْظُر

الشُّغْلُ والطّاقة ص ١٣٢
الكهرباءُ التّياريَّة ص ١٤٨
الخلايا والبطّاريّات ص ١٥٠
الدّاراتُ الكهربائيَّة ص ١٥٢
مَصادِرُ الضَّوء ص ١٩٣
حقائقُ ومَعلومات ص ٤١٠

الاتِّصالاتُ البُعاديَّة

إنَّ أُعجُوبَةَ التَكَلُّمِ معَ شَخصٍ يبعدُ عنكَ أُلوفَ الكيلومترات ما كانتْ تَتحقَّقُ بدونِ الكهرباء. فالأجهزةُ الإلكترونيَّةُ تحوِّلُ الأصواتَ والصُّورَ إلى كهرباءَ تَقْطَعُ المسافاتِ الطويلةَ بسُرعة البَرْقِ لِتصلَ إلى مكانٍ آخرَ حيثُ يُعادُ تحويلُها إلى أصواتٍ وصُوَرٍ بواسطةِ مُعدَّاتٍ أخرى كهربائيَّةِ التَّشغيل. وتَنتقلُ يوميًّا كمِّيَّاتٌ ضَخمةٌ من المعلومات ذَهابًا وإيابًا عبْرَ الخطوطِ التلفونيَّةِ كرسائلَ ناسوخيَّةٍ (بالفاكْس) أو كمكالماتٍ هاتفيَّة. كما يُمكِنُ إرسالُ المعلوماتِ أيضًا كضوءٍ في كُبُولٍ من الألياف البَصَريَّة، أو كأمواجٍ راديويَّةٍ إلى ساتِلٍ مُواصلاتٍ في أعالي الفضاء لإعادة بثِّها إلى طبقٍ مُستقبِل. هذا ويُمكِنُ تَواصُلُ الحواسِيبِ والمَكِنات الإلكترونيَّة عبْرَ خُطوطِ التلفون. إنَّ جميعَ أنواعِ الاتصالات هذه يَلزَمُها عناصِرُ ثلاثةٌ: مُرسِلٌ لإرْسال المعلومات، ووسيطٌ يحمِلُ الإشارات، ومُستقبِلٌ يُحوِّلُ الإشاراتِ ثانيةً إلى شكلٍ يمكِنُ فَهْمُه.

مُحَبِّرة

مِفتاح «مُورْس»

المُسْتقبِلُ التلغرافيّ

في الثلاثينيَّات من القَرْنِ التاسِعَ عَشَر، اخترعَ صموئيل مُورْس طابِعةً لِتدوين الرسائلِ المُرْسَلةِ بواسطة تِلِغرافِه الكهربائيّ. وكانَ عِمادُها شريحةً من الورق العاديّ تتحرَّكُ ببُطءٍ عبْرَ المكنة لِتُسجِّلَ عليها شَفْرةُ مُورْس، المؤلَّفةُ من نُقَطٍ وشُرَط. عند كُلِّ نَبْضَةٍ من نَبَضات التيَّار المُسْتقبَل بواسطةِ دولابٍ مُحَبِّرٍ يُحرِّكُهُ مِغْنطيسٌ كهربيّ. وكانَ العامِلونَ يَسْتخدمون مِفتاحَ مُورْس لإرسال الإشارات؛ فكانَ ضغطُ المِفتاحِ في محطَّة الإرسال آذِنًا بسَريان التيَّارِ لِتشغيل الدُّولابِ المُحَبِّر (أو الذِّراعِ التكَّاك) في محطة الاستِقبالِ لِنَقْلِ الرسائلِ آنيًّا.

تُرسَلُ شَفرةُ مُورْس كمجموعةٍ من النُّقَط والشُّرَط المُفسَحةِ التي تمثِّلُ الأعدادَ والحروفَ الهجائيَّة. هنا تمَّ طبْعُ العددَيْن ٤ و ٢.

أربَعُ نُقَطٍ وشَرطةٌ تُمثِّلُ العَدَدَ ٤.

نُقطتان وثلاثُ شُرَطٍ تُمثِّلُ العدد ٢.

تتغيَّرُ سَعَةُ (شِدَّةُ) إشارةِ الصوت التلفونيَّة وتردُّدُها (عدد الأمواجِ المُتَتابِعة في الثانية) لِتتساوقَ مع صوتِ المُتَكلِّم.

جهازُ التلفون

عندما تُديرُ قُرْصَ التلفون أو تضغطُ أزْرارَه، تُرْسَلُ سِلْسِلةٌ من الإشارات الكهربيَّة إلى أجهزةٍ أوتوماتيَّةٍ توصِلُك بالخطِّ المُنادَى. فيُقرَعُ جرسُ التلفونِ في الطرف الآخر. وعندما تتكلَّمُ، يُحوِّلُ ميكروفونُ الإرسال في هاتِفِكَ أمواجَ الصوتِ إلى إشاراتٍ كهربيَّةٍ تُرسَلُ إلى مُستقبِلِ الهاتفِ المُنادَى على الطرفِ الآخرِ من الخَطّ. والمُستقبِلُ فيه يُعيدُ تحويلَ الإشاراتِ الكهربيَّة إلى أمواجٍ صوتيَّة.

مِغْنطيسٌ كهربيّ

رِقّ

المُسْتقبِلُ التلفوني

يُحوِّلُ المُسْتقبِلُ التلفونيُّ الإشاراتِ الكهربيَّةَ الواردةَ إلى أصوات. تمُرُّ الإشارةُ عبْرَ مِغنطيسٍ كهربيٍّ فيه يجذِبُ قرصًا حديديًّا يُسمَّى الرِّقّ. ومع تغيُّرِ شِدَّةِ الإشارة، يتغيَّرُ جَذْبُ المغنطيس لِلرِّقِّ فيهتزُّ؛ وتنتقِلُ الاهتزازاتُ عبْرَ الهواء كأمواجٍ صوتيَّةٍ تسمعُها كلامًا واضحًا.

ميكروفون الهاتف

كثيرٌ من أجهزة التلفون يَحوي ميكروفونًا كربُونيًّا (يُدعى أيضًا المُرْسِل) يُحوِّلُ أمواجَ الصوتِ إلى إشاراتٍ كهربيَّة. وتوجَدُ داخِلَ المُرسِلِ كَبْسُولةٌ تحوي حُبَيْباتٍ كربُونيَّة. فعندما تتكلَّمُ، يهتزُّ رِقٌّ لَدائنيٌّ بِفِعْلِ الأمواجِ الصوتيَّة، فيدفَعُ تلكَ الحُبَيْباتِ بعضَها نحوَ بعضٍ فتنخفضُ مُقاوَمتُها. وهكذا يتغيَّرُ التيَّارُ السّاري عبْرَها بالنمطِ نفْسِه الذي تحدُثُ فيه تغيُّراتُ الصَّوت المُسبِّبةُ لِتلكَ الاهتِزازات. وهذا التيَّارُ المتغيِّرُ يحمِلُ الإشاراتِ الصَّوتيَّةَ إلى المُستقبِلِ في الجهاز التلفونيّ الآخر.

رِقٌّ

حُبَيْباتٌ كرْبُونيَّة

الإدالة

الإشاراتُ المُدالةُ هي نَبَضاتٌ كهربيَّةٌ بسيطةٌ أو مَزيجٌ من النَّغمات. والأجهزةُ الإلكترونيَّةُ في مَقْسِمِ التبادُل (السنترال) تعدُّ النَّبَضاتِ أو تتعرَّفُ النغماتِ فتصِلُكَ بالخطِّ الهاتفيِّ المطلوب.

كُلَّما تُديرُ رقْمًا تعملُ المفاتيحُ الدالَّةُ فورًا على إرسال النَّبَضاتِ إلى مَقْسِم التبادُل.

بعضُ أجهزة التلفون ذاتِ الأزرار الانْضغاطيَّة تُرسِلُ مزيجًا من النَّغمات المُتميِّزة لِكُلِّ زِرّ – ويُمكِنُكَ سماعُها عند ضَغْطِ كُلِّ زرٍّ على حِدَة.

ألِكْسَنْدر غراهام بِل

ألِكْسَنْدر غراهام بِل (١٨٤٧-١٩٢٢) معلِّمٌ ومُخترِعٌ أمريكيٌّ اسكُتلنديُّ المَولِد، اخترعَ التلفون عام ١٨٧٦. اِهتمَّ بِل، كوالده، بتعليم الصُّمّ منذُ صِباه، ودَرَسَ انْبعاثَ الأصواتِ من الأجسامِ المُهتزّةِ فعلَّمَ الصُّمَّ الكلامَ بجهازِ الاهتزازات المرئيّة. ثمَّ اخترعَ شكلًا من التلغرافِ الكهربائي، تمكَّنَ به من إرسال الإشاراتِ كنَغَماتٍ موسيقيّةٍ تُحدِثُها أرياشٌ قصبيّةٌ مُهتزّةٌ. وقادتْهُ هذه الفِكرةُ إلى استنباط طريقةٍ لإرسال واستقبالِ تَردُّدات الأصواتِ البشريّة، فكانَ التلفون!

السّواتل (الأقمارُ الصناعيّة)

المُكالماتُ المُرسَلةُ عن طريق سَواتِلِ الاتّصالات، في مداراتِها حَوْلَ الأرض، تُرسَلُ بالرّاديو من هَوائيّاتٍ مُقعَّرة ضخمةٍ على الأرض. فيقومُ السّاتِلُ، الذي يعملُ بالخلايا الشمسيّة، بإعادة بثِّ تلك الإشارات إلى هوائيٍّ ثانٍ في جُزءٍ آخرَ من العالَم.

سَاتِلُ اتّصالات

هَلْ لاحظْتَ تأخيرًا طفيفًا وأنت تكلِّمُ هاتفيًّا شخصًا في ما وراء البحار؟ قد يكون سببُ ذلك أنَّ مكالمتك تجري عن طريق ساتلٍ فضائيّ. فالإشاراتُ الراديويّة تأخذُ بعضَ الوقت لِتجتازَ المسافةَ بين الأرض والساتل ذهابًا وإيابًا.

شَبَكةُ الاتّصالات

عندما تُجري مُكالَمةً تلفونيّةً، تَسري نَبَضاتُ الإدالةِ في الأسلاكِ إلى مَركزِ التبادُل (المَقْسِم) المَحلّيّ، حيثُ تُميِّزُ أجهزتُه الإلكترونيّةُ شَفرةَ تلك النّبَضات. فإذا كانت مُكالمتُكَ مَحلِّيَّةً يتولّى توصيلَها مركزُ التبادُل المَحلّيّ؛ أمّا إذا كانت إلى مِنطقةٍ أخرى، فإنّها تُحَوَّلُ إلى مركز تبادُلِ تلكَ المِنطقة، حيثُ تتولّى أجهزتُه توصيلَكَ بالرقم المَطلوب. أمّا المُكالماتُ الدوليّةُ فتُرسَلُ إلى مَراكزِ التبادُلِ الدوليّة. وتؤلِّفُ مُختلِفُ منظوماتِ الاتصال هذه شبكةَ الاتّصالات.

طَبَقُ إرسال وأستقبال

هذا الطَّبَقُ يستقبِلُ الأمواجَ الراديويّةَ من الساتِلِ ويُرسِلُ المعلوماتِ إلى مركزِ التبادُل.

مَرْكَزُ تبادُلٍ دَوليّ

مَرْكَزُ تبادُلٍ مَحَلّيّ

مَحطّاتُ السّواتل

تحوي محطّةُ الساتِلِ لِلاتّصالاتِ العاديّةِ هوائيًّا مُقعَّرًا، كالطّبَقِ، مُوَجَّهًا نحوَ الساتِل. والأجهزةُ الإلكترونيّةُ الموصولةُ بالهوائيّ تُضخِّمُ الإشاراتِ المُرسَلةَ منه والمُستقبَلةَ به. ويتمُّ توصيلُ مِثْلِ هذه المحطّاتِ بمراكزِ التبادُلِ التلفونيّ المحلّيّة.

تُوصَلُ أسلاكُ جهازِكَ التلفونيّ في البيت، كسائرِ الأسلاكِ التلفونيّة من منازلَ أُخرى، بمركزِ التبادُلِ المَحلّيّ.

مَرْكَزُ تبادُلٍ مَحَلّيّ.

مَراكزُ التبادُل

مراكزُ التبادُلِ في المناطقِ المُختلفةِ تتّصِلُ بعضُها ببعض بواسطةِ الكُبول، أو شبكاتِ الأمواجِ الصُّغريّة، أو بِمنظوماتِ السّواتِل. وشبكاتُ الاتّصالاتِ هذه تُمكِّنُ الناسَ في منطقةٍ من الاتّصال بالآخرين في مناطقَ أُخرى.

مَكِنَةُ الناسوخ (الفاكس) تُرسِلُ وتستقبِلُ الرسائلَ والوثائقَ الأخرى.

طَبَقُ إرسالٍ وأستقبالٍ إلى ومن ساتِلِ الاتّصالات.

الهَوائيّاتُ المُرسِلةُ والمُستقبِلةُ للأمواجِ الصُّغريّةِ تُقامُ على أبراجٍ أو أبنيةٍ عالية، وتُسامَتُ بعنايةٍ بعضُها مع بعض.

بُرجُ اتّصالاتِ الأمواجِ الصُّغريّة

شبكاتُ الأمواجِ الصُّغريّة

تَستخدِمُ شبكاتُ الأمواجِ الصُّغريّةِ أمواجًا راديويّةً (تُدعى أمواجًا صُغريّة) لِحَمْلِ الإشاراتِ التلفونيّةِ وغيرِها. وتسري هذه الأمواجُ في خطٍّ مُستقيمٍ من هَوائيٍّ مُقعَّرٍ مُرسِلٍ إلى هَوائيٍّ مُماثِلٍ مُستقبِل.

مركزُ تبادُلٍ دَوليّ

يُوصِلُ مركزُ التبادُلِ المَحلّيُّ المُكالماتِ المحليّةَ، ويُوجِّهُ المُكالماتِ الأُخرى إلى مراكزِ تبادُلٍ أُخرى.

مركزُ تبادُلٍ مَحلّيّ

النّاسوخ (الفاكس)

تَستخدِمُ مكِناتُ الناسوخِ الشبكةَ التلفونيّةَ لإرسال المادّةِ المكتوبةِ أو المطبوعة. المكِنةُ المُرسِلةُ تُحوِّلُ صُوَرَ الوثيقةِ إلى شَفْرةٍ من الإشاراتِ الكهربيّة وتُرسِلُها عبرَ خطِّ التلفون. وتَستخدِمُ المكِنةُ المُستقبِلةُ تلكَ الإشاراتِ لاستِنساخ الوثيقةِ الأصليّة.

مركزُ تبادُلٍ لِلاتّصالاتِ الخليويّة.

الهواتفُ النّقولة

يستطيعُ مُستقِلّو السيّاراتِ التكلُّمَ بعضُهم مع بعضٍ مُستخدِمينَ أجهزةً تلفونيّةً نقّالةً ذاتَ مُرسِلاتٍ ومُستقبِلاتٍ راديويّةٍ مُبيَّتة. المُرسِلُ الخفيضُ القُدرةِ في جهازِ التلفون يُوصِلُ المكالمةَ إلى مُعدّاتِ استقبالٍ دائمةٍ، مُقامةٍ في المنطقة - تُدعى خَليّة. ومن هناكَ تُوصَلُ المكالمةُ بالشبكةِ التلفونيّة. فيقومُ مُرسِلٌ مَحلّيٌّ بإرسالِ الإشاراتِ الواردةِ إلى مُستقبِلٍ راديويٍّ في جهازِ التلفون. وتدعى هذه المنظومةُ بكامِلِها شبكةً خَليويّة.

خَليّة

مُرسِلٌ مَحلّيّ

لمزيد من المعلومات انظر

الخَلايا والبَطّاريّات ص ١٥٠
الحواسيب ص ١٧٣
الصّوتُ والضّوء ص ١٧٧
الانكسار ص ١٩٦
السّواتِل (الأقمار الصناعيّة) ص ٣٠٠
حقائقُ ومَعلومات ص ٤١٠



الرَّادْيُو

الطُّولُ المَوْجيّ أطولُ على التَّرَدُّدات الخفيضة؛ ويُمكِنُ قياسه بالمدى بين ذُروتَي موجتَيْن.

الطُّولُ المَوْجيّ أقصرُ على التَّرَدُّدات العالية.

أمواجٌ طويلة من ١٠٠٠ إلى ١٠ آلاف متر، التردُّد ٣٠٠ إلى ٣٠ كيلوهرتز

أمواجٌ متوسّطة من ٢٠٠ إلى ١٠٠٠ متر، التردُّد ٣ ميغاهرتز إلى ٣٠٠ كيلوهرتز

أمواجٌ قصيرة الطول ١٠ إلى ١٠٠ متر، التردُّد ٣٠ إلى ٣ ميغاهرتز

أمواجٌ عاليةُ التردُّد، الطول من ١ إلى ١٠ أمتار، التردُّد من ٣٠٠ إلى ٣٠ ميغاهرتز

أمواجٌ فائقةُ التردُّد، الطول من ١٠سم إلى متر، التردُّد من ٣٠٠٠ إلى ٣٠٠ ميغاهرتز

عندما تستمعُ إلى الراديُو، يَلتقِطُ جهازُكَ المحطَّةَ المُختارةَ من بين أُلوفِ المحطّاتِ الإذاعيَّةِ التي تصِلُه. تنتقلُ الإشاراتُ الراديُويَّة كأمواجٍ غير مرئيَّةٍ عبْرَ الهواء أو عبْرَ موادَّ أخرى أو في الفَراغ بسُرعةٍ تُعادِلُ سُرعةَ الضوء (٣٠٠ ألف كيلومتر في الثانية في الفراغ). تُستخدَمُ الأمواجُ الراديويَّةُ بصورةٍ رئيسيَّة في حَمْلِ الأصواتِ والصُّوَر لِلبثِّ الإذاعيّ أو لِلاتِّصالاتِ الخاصَّة. فالأخبارُ التي كانت تستغرِقُ أشهرًا لِتبلُغَ الأماكنَ النائية في العالَم، تنتقِلُ اليومَ بأقلَّ من ثانيةٍ بواسطة الأمواج الراديويَّة المُرتَدَّةِ من سواتِلِ الاتِّصالات في الفضاء. تتولَّدُ الأمواجُ الراديويَّة بواسطةِ دارةٍ تحملُ تيّارًا سريعَ الذبذبة؛ ويَجري بَثُّها الأفضلُ من هَوائيّاتِ إرسالٍ مُقامَةٍ على أماكنَ عاليةٍ أو على التلال.

غُوليلْمو مَارْكوني

كان المهندسُ الإيطاليُّ غوليلْمو ماركُوني (١٨٧٤-١٩٣٧) أوّلَ مَن أستخدَمَ الأمواجَ الراديويَّةَ في مَنظومةٍ عمليَّةٍ لإرسالِ الإشارات. ففي العام ١٨٩٦، سجَّل ماركُوني براءةَ أختراعِ نظامٍ تلغرافيّ يُرسِلُ الإشاراتِ عبْرَ الهواء كدَفقاتٍ من الأمواجِ الراديويَّة. ولما لم يكُنْ هنالك أسلاكٌ بين الأجهزة المُرسِلَة والمُستقبِلَة، عُرِفَت هذه التِّقْنيَّةُ بالتلغرافيَّة اللّاسلكيَّة.



تنطلق الموجةُ الحاملةُ بسَعَةٍ وتردُّدٍ ثابتين.

تتغيَّرُ الإشارةُ الصَّوتيَّةُ سَعَةً وتردُّدًا

إشارةٌ راديويَّة مُضمَّنةُ السَّعَة. لقد تغيَّرت شِدَّةُ الموجة الحاملة (ضُمِّنت) كما يتبيَّنُ من تغيُّرات حجمها.

إشارةٌ راديويَّة (إف إم). هنا تغيَّر (ضُمِّنَ) تردُّدُ الأمواج الراديويَّة.

التَّضْمين

التَّضْمينُ هو تحميلُ الأمواجِ الراديويَّة أصواتًا (أو إشاراتٍ أخرى). فالإشارةُ الصوتيَّة تجعلُ الإشارةَ الراديويَّة المطَّرِدة (الموجة الحاملة) تتغيَّرُ بِشَكلٍ مَا. ففي تضمين السَّعَةِ (إي إم) تتغيَّرُ سَعَةُ (أي شِدَّة) الموجة الحامِلَة؛ أمّا في تضمينِ التردُّدِ (إف إم)، فتردُّدُ المَوجةِ هو الذي يتغيَّر. والمعروفُ أنَّ الإرسالَ بتضمينِ التردُّد (إف إم) أقَلُّ تأثُّرًا بالطَّقْطَقات والتداخُلاتِ الأُخرى.

يُحَوِّلُ الهَوائيُّ السِّلْكيُّ جميعَ الأمواج الراديويَّة المُستقبَلة إلى إشاراتٍ كهربائيَّة.

يُؤَلِّفُ المِلَفُّ والمُكثِّفُ المُتغيِّرُ دارةَ مُوالَفة لاختيار محطَّة الإذاعة المطلوبة.

صِمامٌ ثُنائيّ (دايُود) بلّوري

مُكثِّف

مِلَفّ

مُكثِّفٌ مُتغيِّر

سِلْكٌ تأريضٍ موصولٌ بأنبوبِ المياه

تَستعيدُ سمّاعةُ الأذن الإشارةَ الصوتيَّة.

دارةُ الدايُود البلّوري والمُكثِّف تتبيَّنُ الذبذباتِ الصوتيَّةَ وتستخلِصُها من الإشارةِ المُرسَلة.

جهازٌ بلّوريّ

حتى عَهدٍ قريبٍ، كان كثيرٌ من الهُواةِ يَلتقِطون البثَّ الإذاعيَّ بأجهزةٍ ذاتِ مكشافٍ بلّوريّ. وكان نمطُ الجهازِ البلّوريّ الشائع في حينه ذا بلّورةٍ من الغالينا (كبريتيد الرَّصاص)، ومُلامِسٍ سِلكيٍّ مُستدِقِّ الطَّرَف (يُدعى شاربَ الهِرّ). فالمِلامسُ والبلّورةُ يعملان كدايُودٍ في دارةِ مكشافِ الجهاز لِتَبيُّنِ الذبذباتِ الصوتيَّة واستخلاصِها من الإشارة الراديويَّة المُرسَلة.

صِمَام

ترانزستوران

التَّضْخيم

مُعظمُ أجهزةِ الراديو القديمةِ كانت تحوي صِماماتٍ لِتضخيمِ الإشاراتِ المُستقبَلة. ثُمَّ حَلَّت الترانزستوراتُ مَحَلَّ الصِّمامات، فأصبحَ بالإمكان إنتاجُ أجهزةِ راديو بالغةِ الصِّغَر.

الرَّادْيُو

١٨٦٣ جيمس كلارك ماكسويل يقترحُ تفسيرًا على أُسسٍ رياضيَّة لِظواهرِ الأمواجِ الكهرمغنطيسيَّة.

١٨٨٧ هنريخ هِرتز يُرسِلُ ويَستقبِلُ أمواجًا راديويَّة في مختبره.

١٨٩٦ غوليلْمو ماركُوني يُسجِّل براءةَ اختراعِ أوّلِ منظومةٍ عمليَّة للتلغرافيَّة اللاسلكيَّة.

١٩٠١ إرسالُ أوّلِ إشارةٍ تلغرافيَّة عبْرَ الأطلنطي.

١٩٠٦ ريجنلد فِسّاندن يُذيعُ أوّلَ بثٍّ إذاعيّ، فيُدهِشُ عامِلي التلغراف اللاسلكيّ بإسماعهم الموسيقى بدلًا من شَفْرَةِ مُورْس المُعتادة.



المُرسِلُ الراديُويّ (اللّاسلكيّ)

في المُرسِلِ الراديُويّ، تُولّدُ دارةُ المُذبذِب فُلطيّةً مُتناوبةً سريعةً تُدعى الإشارة الحامِلة، تنتقِلُ إلى دارةٍ أخرى تُدعى المُضمِّنة. كما تُغذّى المُضمِّنةُ أيضًا بالإشارة الصّوتيّة من ستوديو الإذاعة. ففي مُرسِلِ تضمين التردُّد (إف إم) المُبيَّن هنا، تُضمِّنُ (تغيِّر) الإشارةُ الصّوتيّةُ تردُّدَ الإشارة الحامِلة، كما يُقوّي المُضخّمُ الإشارة الحاملة المُضمَّنة؛ ثُمّ تُبثُّ الإشارة المُعزَّزةُ هذه، كأمواجٍ راديويّة، من هوائي الإرسال.

المُستقبِلُ الراديُويّ (اللّاسلكيّ)

يَستقبِلُ هَوائيُّ جهازِ الراديو الأمواجَ الراديويّةَ من عِدّةِ مُرسِلات، فيُحوِّلُ ما يلتقِطُ منها إلى إشاراتٍ كهربائيّةٍ دقيقة. ثُمّ تنتقِلُ هذه الإشارات إلى دارات مُوالفةٍ وتضخيم، حيث تُنتقى إشارةُ المحطّة الإذاعيّةِ المطلوبةِ وتُضخَّم. بعْدَ ذلك تفصِلُ دارةُ المُستخلِص الإشارة الصّوتيّة عن الموجة الحامِلة، وتُعدَّلُ قُوّةُ هذه الإشارة باستخدام مِضبط الجِهارة. ثُمّ تنتقِلُ الإشارةُ الصّوتيّةُ إلى مُضخِّم الخَرْج، حيثُ تُضخَّمُ بما فيه الكفاية لِتشغيل المِجهارِ الذي يُعيدُ تحويلَ الإشارة ثانيةً إلى أصواتٍ كتِلك التي بُثّت أصلًا من ستوديو الإذاعة.

يبثُّ هوائيُّ الإرسال إشارة المُرسِل كأمواجٍ راديويّة.

التضخيمُ يُقوّي الموجة الحامِلة المُضمَّنة قبْلَ انتقالها إلى الهوائيّ.

مُضخِّم

يُضمَّنُ تردُّدُ الموجة الحامِلة بواسطة الإشارة الصوتيّة.

مُضمِّن

تردُّدُ الإشارة الحامِلة حوالى ١٠٠ مليون موجة في الثانية (١٠٠ ميغاهِرتز)

مُذبذِب

الإشاراتُ الصّوتيّة

في ستوديو الإذاعة، يُحوِّلُ الميكروفون أصواتَ المُذيعين إلى إشاراتٍ صوتيّة؛ كما تُولِّدُ أجهزةٌ أخرى إشاراتٍ صوتيّةً عند تدويرِ أشرطة التّسجيل أو الأسطوانات. ويمكِنُ مَزْجُ هذه الإشارات معًا ثُمّ تُرسَلُ الإشارة المُوالَفةُ إلى المُرسِل.

نضد ضبط المُوالفة

إشارة صوتيّة

يُستخدَمُ مِضبَطُ المُوالفة، وهو مُكثِّفٌ مُتغيِّر، لاختيار المحطّة الإذاعيّة.

مِضبَطُ الجِهارة، وهو مُقاومٌ مُتغيِّر، يُعدِّلُ منسوبَ الإشارة الصوتيّة.

يُرسِلُ مُضخِّمُ الخَرْج تيّارًا قويًّا عبْرَ المِجهار لاستِعادة الصّوت.

مِجْهار

الأيونُوسفير

الأيونُوسفير مِنطقةٌ جوّيّةٌ فوقَ الأرض على ارتفاعٍ يمتدُّ من ٥٠ إلى ٤٠٠ كيلومتر. وهي تحوي أيوناتٍ وإلكتروناتٍ طليقةً تجعلُها تعكِسُ بعضَ الأمواج الراديويّة - الأمرُ الذي يجعلُ انتِقالَ الأمواجِ الراديويّة الخفيضة التردُّد مُمكِنًا عبْرَ مَسافاتٍ طويلة.

يستقبِلُ ساتِلُ الاتّصالات إشاراتٍ راديويّةً من مكانٍ ما على الأرض ويُعيدُ إرسالَها إلى منطقة أخرى. والإرسالُ عبْرَ الأطلنطي يتمّ بهذه الطريقة.

الإشاراتُ العالية التردُّد نسبيًّا تخترِقُ الأيونُوسفير؛ لذا تُستخدَمُ في إرسال الإشارات المُوجَّهة، عن طريق سواتِل اتّصالات تبعُدُ عن الأرض آلافَ الكيلومترات. وتُستخدَمُ هذه التردُّداتُ أيضًا في الإرسال القصيرِ المَدى على سَطح الأرض.

تنعكِسُ الأمواجُ القصيرةُ على أعالي الأيونُوسفير.

الإشاراتُ الخفيضةُ التردُّد نسبيًّا (ذاتُ الطول المَوجيّ الطويل) من مُرسِلٍ تستطيعُ الوُصولَ إلى أمكنةٍ نائيةٍ بالانعكاساتِ المُتكرِّرة بين الأيونُوسفير والأرض.

بعضُ الأمواج الراديويّة تنتقِلُ عبْرَ الهواء فقط دونَ حاجةٍ إلى انعكاسات.

لاسلكي المَواقِع

يَستخدِمُ المُرسِلُ المُستقبِلُ الصغير (لاسلكي المَيدان) في مَواقِعِ البِناء مثلًا، ليستطيعَ العاملون على الأرض التحدُّثَ بسُهولةٍ مع العُمّال في الطوابقِ العُليا من المَبنى؛ كما تستخدمُه الشُّرطةُ في ضبطِ الأمنِ ومُكافحةِ الجَريمة.

يعمَلُ المُرسِل والمُستقبِلُ في لاسلكي المَيدان بالبطّاريّات.

لمزيد من المعلومات انظُر

المُولِّدات ص ١٥٩
مُقوِّماتٌ إلكترونيّة ص ١٦٨
الطَّيفُ الكهرمغنطيسي ص ١٩٣
التلسكوبات الأرضيّة ص ٢٩٧

التِّلفِزْيُون

مُرسِلٌ تِلفِزْيُونيٌّ

أصبحَ التلفزيونُ عاملًا مُهمًّا في حياتنا - نتعَرَّفُ به أماكِنَ لم نزُرها سابقًا ورُبَّما لن نَزُورَها مُستَقبَلًا، ونرى عبْرَه الأحداثَ حالَ وُقوعِها، وأحيانًا كثيرة نُشاهِدُ بعضَ برامِجِه لِمُجَرَّد التسليةِ والمُتعة. لقد شاعَ استِخدامُ التلفزيون في المنازل منذُ الخمسينيّات من القَرن العشرين، لكِنَّ فِكرةَ إرسالِ الصُّوَر عبْرَ مسافاتٍ بعيدةٍ راوَدَت العُلَماءَ والمُخترعين منذُ القرنِ التاسعَ عشَر. ونحن ننعَمُ اليومَ بأنظمةِ تَلْفزةٍ عاليةِ النوعيَّة بفَضْلِ مُختَرعاتٍ مُتعدِّدة لعَلَّ أهمَّها الصماماتُ والترانزستوراتُ وأنابيبُ الأشِعَّة الكاثوديَّة. في الكثير من البُلدان تُبَثُّ الصورُ والأصواتُ التلفزيونيَّةُ مَحَلِّيًا باستِخدام الأمواجِ الراديويَّةِ الفائقةِ الترَدُّد، أو كإشاراتٍ كهربائيَّة عبْرَ الكُبول؛ كما تُرسَلُ على نِطاقٍ دَوليٍّ بِواسطة السَّواتِل. وتُستَخدَمُ التلفزةُ المُغلقةُ الدارةِ في مُراقبة أمْنِ المَصارف والمؤسَّساتِ حيثُ تُنقَلُ الصُّوَرُ من الكاميرا إلى الشّاشةِ مُباشَرةً.

ستُوديُو تلفزيُونيّ

تَنتقِلُ إشاراتُ الصُّوَر، مِنَ الكاميرات، وإشاراتُ الصَّوت، من الميكروفُونات، إلى غُرفةِ المُراقبة المُشرِفةِ على الستوديو، حيثُ تَظهَرُ جميعُ الصُّوَر على شاشاتٍ مُتعدِّدة. ويَقومُ مُخرِجُ البرنامج بانتِقاءِ الصورةِ المُرادِ بثُّها وتوقيتِ الانتِقال إلى لَقطةٍ أُخرى.

البَثُّ التِّلفِزيُونيُّ الحيّ

في البَثِّ التلفزيُونيِّ الحَيِّ تُحوِّلُ الكاميرا التلفزيُونيَّةُ أصواتَ المَشهد إلى إشاراتٍ كهربائيَّةٍ تُرسَلُ لاسلكيًّا فتُستَحال صُوَرًا في التّلفاز (جهازِ التلفزيون).

يَدخُلُ الضَّوءُ إلى الكاميرا عبْرَ العدسةِ الأُولى.

مَرايا خاصَّةٌ تُحلِّلُ الضوءَ إلى الوانِه الرئيسيَّة الثلاثة.

يَسقُطُ الضَّوءُ الأحمرُ والأزرقُ والأخضرُ على صِماماتٍ منفصلة.

يُقَوِّي المُضخِّمُ الإشارةَ الحامِلةَ المُضمَّنة، التي تُوالِفُ (بالمَزْج) مع إشارةٍ حامِلةٍ أُخرى مُضَمَّنةِ التردُّد مع الإشارة الصَّوتيَّة.

مُضخِّم

تُضَمِّنُ سعةُ الإشارة المَرئيَّة الإشارةَ الحامِلة.

مُضمِّن

يُولِّدُ المُذَبذِبُ إشارةً حامِلةً كما في المُرسِل اللاسلكيّ.

مُذبذِب

الكاميرا التلفزيُونيَّة

في نوعٍ نَمَطيٍّ من كاميرات التَّلفزةِ المُلوَّنة، يَمُرُّ الضَّوءُ من المَشهدِ عبْرَ مَرايا خاصَّةٍ تُحلِّلُ الضوءَ إلى ألوانِه الأوليَّة - الأحمرِ والأخضرِ والأزرقِ. فتتكوَّنُ للمشهدِ صُوَرٌ بتِلك الألوانِ على صِماماتِ الكاميرا الثلاثةِ التي تمسحُ الصُّوَرَ خطًّا خطًّا. ثمّ يَبْعثُ كُلُّ صِمامٍ إشارةً كهربائيَّةً تتناسبُ شِدَّتُها مع تألُّقِ كُلِّ خطٍّ من الصُّورة.

قاعةُ العَرْض



في هذه القاعة، تُختارُ وتُراقَبُ جميعُ الإشاراتِ المُنبَعِثةِ من مصادرَ حَيَّةٍ أو مُسجَّلة؛ وتُعرَضُ الصُّوَرُ على شاشاتِ عِدَّةِ أجهزةِ مُراقبة. ومن قاعة العَرْضِ هذه، تُرسَلُ، إلى المُرسِل التلفزيُونيّ، إشارةُ الصَّوتِ وإشارةٌ مَرئيَّةٌ واحدةٌ تحوي جميعَ المعلوماتِ اللَّونيَّة مع نَبَضاتِ المُزامَنةِ التي تُمكِّنُ جهازَ الاستِقبالِ من استِعادةِ الصورة على الوَجهِ الصحيح.



الأفلامُ والأشرِطةُ المُسجَّلة

يُدارُ الفيلمُ السينمائيّ في مَكنةِ سينما تلفزيُونيَّة فتكوِّنُ إشاراتٍ كهربائيَّةً من الأصواتِ والصُّورِ المسجَّلةِ على الفيلم. أمّا البرامجُ المُسجَّلةُ على أشرطةٍ فتُستَعادُ بواسطةِ جهاز فيديو. وتنتقِلُ جميعُ الإشارات الصَّوتيَّةِ والمرئيَّة من مصادرِها المُختلِفةِ إلى قاعةِ العَرْض، وهي قاعةُ مُراقبةٍ تُجاوِرُ ستوديُو المُذيعين.



المُستقبِلاتُ التلفزيونيَّة

تنتقلُ إشاراتُ المُرسِلِ التلفزيونيّ عبْرَ الهواء بسُرعةِ الضوء كأمواجٍ لاسلكيَّة، فيحوّلها هوائيُّ الاستقبال، الموصولُ بجهازِ التلفزيون، ثانيةً إلى إشاراتٍ كهربائيَّة. وباستخدامِ داراتِ المُوالفة الإلكترونيَّة في المُستقبِل يُمكنُك استقبالُ المحطةِ التلفزيونيَّة التي تريدُها. أمّا في التَّلفزة المُلوَّنة، فتعملُ داراتٌ أخرى على فرْزِ المُقوّماتِ اللونيَّة الثلاثِ في الإشارة المرئيَّة؛ فيستخدِمُها صِمامُ الصُّور (أنبوبُ الأشعة الكاثوديَّة) لاستعادةِ الصورة بألوانِها الكامِلة - في حين يَستعيدُ المِجْهارُ الإشارةَ الصوتيَّة.

قُرْصُ بِيرد المُدوَّم كانَ من اختراع بُول نيبكو (١٨٦٠-١٩٤٠). ويُبيِّنُ المُخطَّطُ أدناه كيفَ إنَّ قُرصًا تساعيَّ الثقوب يُنتِجُ صورةً عندما تجعلُ الإشارةُ المرئيَّةُ الصَّفيحةَ الكهربائيَّةَ ترتعش.

جُون لُوجي بِيرد

عامَ ١٩٢٦، عَرضَ رائدُ التَّلفزيُون، الإسْكتلنديّ جُون لُوجي بِيرد (١٨٨٨-١٩٤٦) أوّلَ منظومةٍ تلفزيونيَّة مُستخدِمًا قُرصًا مُثقَّبًا دوّارًا، لِتحويلِ ضَوءِ المَشْهدِ إلى خُطوط، وخليَّةً كهرضَوئيَّة لِتحويلِ تغيُّراتِ السُّطوعِ إلى إشاراتٍ كهربائيَّة. وفي مُستقبِلِ بِيرد كانَتِ الإشاراتُ تغيِّرُ سُطوعَ صَفيحةٍ كهربائيَّة، فيَرى المُشاهِدُ صورةً باهتةً مُشوَّشةً عبْرَ ثُقوبِ قُرصٍ مُدوَّمٍ آخر. وسُرعانَ ما استُبدِلَت منظومةُ بيرد لِيَحُلَّ مَحلَّها منظومةٌ إلكترونيَّةٌ بالكامِل من نوعيَّةٍ أفضل.

مِدْفَعةُ إلِكترونات

تُطلِقُ مِدْفعةُ الإلكترونات داخلَ أنبوبِ (صِمامِ) الأشِعَّةِ الكاثوديَّة حُزَمًا إلكترونيَّةً على شاشةِ العرض - في حين تُصدِرُ صِماماتُ الألوانِ حُزَمًا مُنفصِلةً لِكُلِّ لَونٍ من الألوانِ الأوَّليَّةِ الثلاثة. وتتغيَّرُ شِدَّةُ هذه الحُزَمِ وَفقًا لِسُطوعِ مُقوِّماتِ الألوانِ في المَشْهدِ الأصليّ.

الصُّوَرُ المُلوَّنة

تتغيَّرُ شِدَّةُ الحُزْمةِ الإلكترونيَّة خلالَ مَسْحِها الشاشة، مُغيِّرةً بذلك سُطوعَ الفُسْفُرات (بُقَعِ الكيماويَّاتِ المُتفسْفِرة) عليها. وهكذا «ترسُمُ» الحُزَمُ الإلكترونيَّة ثلاثَ صُوَرٍ مُلوَّنة مُتطابِقةٍ على الشَّاشة تبدو لِعَيْنِ الناظِرِ صورةً واحدةً بكامِلِ الألوان.

إشارةُ الصُّورة

يلتقِطُ هوائيُّ الاستقبالِ الإشارةَ التي يبُثُّها المُرسِلُ ويُحوِّلُها إلى إشارةٍ كهربائيَّةٍ تسري نُزولًا عبْرَ سلكٍ خاصٍّ إلى المُستقبِل.

مَسْحٌ مُتشابِك

تُعرَضُ على الشاشة في كُلِّ ثانية ٢٥ أو ٣٠ صورة كامِلة - عِلمًا أنَّ الخطوطَ الوِتْريَّة تُعرَضُ مُتناوِبةً مع الخطوطِ الشَّفعيَّة جاعِلةً عددَ الصور ٥٠ أو ٦٠ صورة في الثانية. والمعروفُ أنَّ زيادةَ مُعدَّلِ الصُّوَرِ على هذا النحو يُخفِّضُ رَعشانَها.

شاشةُ التلفزيون

تُغطّي شاشةَ التلفزيون نِقاطُ الفُسْفرات التي تتوهَّجُ باللونِ الأحمرِ أو الأخضرِ أو الأزرق عندما تصدِمُها الحُزْمةُ الإلكترونيَّة. بعضُ أنابيبِ الصورة، في التلفزيون المُلوَّن، تحوي حاجزًا مُثقَّبًا خَلْفَ الشاشة، تؤمِّنُ ثُقوبُه أنْ تصدمَ الحُزمةُ الإلكترونية الواحدةُ نوعًا واحدًا من الفُسْفرات فقط. وهكذا تُكوِّنُ كُلُّ حُزْمةٍ صورةً من لَونٍ واحد.

المَسْح

في المُستقبِلِ التلفزيونيّ، تُحرَّكُ الحُزَمُ الإلكترونيَّة بِسُرعةٍ عبْرَ الشَّاشة بواسطةِ زَوْجَيْنِ من المغنطيسات الكهربيَّة تُعرَفُ بالمِلفّاتِ الحارِفةِ لِلخطوطِ والمَجالات. فبتغيُّرِ التيّاراتِ عبْرَ هذه المِلفّات تتغيَّرُ مجالاتُها المِغْنطيسيَّة حارِفةً الحُزَمَ الإلكترونيَّةَ أُفقيًّا وعموديًّا على شاشةِ العَرْض.

لمزيد من المعلومات انظُر

البِنيةُ الذَّرّيَّة ص ٢٤
الرّاديُو ص ١٦٤
الطَّيفُ الكهرمغنطيسيّ ص ١٩٢
الألوان ص ٢٠٢
السينما ص ٢٠٨

مُقوِّماتٌ إلِكْترونيَّة

الإلكترونيّاتُ كانت الأكثَرَ أثرًا في حياتنا من بين فروعِ التّقانة (التكنولوجية) الحديثة المتعدِّدة. وكانت أجهزةُ الراديو والتلفزيون ومعازفُ الأسطواناتِ والمُسَجِّلاتُ الشريطيةُ أوّلَ هذه النبائطِ الإلكترونيّةِ توافُرًا وشُيوعًا. ويعتمدُ عمَلُ هذه النبائطِ على مُقوِّماتٍ إلكترونيّةٍ لا غِنًى عنها لِلتحكُّم في الإشارات الكهربائيّةِ أو تغييرِها بشكلٍ مّا، نذكرُ منها المُقاومات والمُكَثِّفاتِ والترانزِسْتورات (المُحوِّزات) والدايودات (الصمامات الثنائيّة). واليومَ تُصنَعُ هذه المُقوِّماتُ صُغْرِيَّةً مُنَمْنمةً بحيثُ يُمكنُ استِخدامُها في نبائطَ أخرى. فبعضُ الساعات، مثلًا، يَحوي داراتٍ إلكترونيّةً مُعَقَّدة تُبَيِّنُ لكَ الوقتَ في مختلف بُلدانِ العالَم، وبعضُ الكاميرات مُزَوَّدٌ بمُقَوِّمٍ إلكترونيّ يَضبِطُ وضعَ العدسةِ وسُرعةَ الغلق (للتعريض الصحيح) تِلقائيًّا.

الإلِكْترودات في الترايود (الصّمام الثُّلاثيّ) مُثبّتة في أُنبوبٍ زُجاجيٍّ مُفرّغٍ من الهواء.

يَنبَعِثُ الكاثودُ إلِكْتروناتٍ عند إحمائه بفتيلةٍ سلكيّةٍ مُتوهّجة.

الشّحْنةُ السالبةُ على الشبكة تتحكّمُ في سَريان الإلِكْترونات إلى الأنود.

الأنودُ الموجبُ الشّحْنة يَجذِبُ الإلِكترونات السّالبةَ الشّحْنة.

الترايود (الصمامُ الثلاثيّ)

يتألّفُ الترايود من كاثودٍ وأنودٍ وشبكةٍ سلكيّةٍ بينهما؛ ويُستخدَمُ في تضخيم (تقوية) الإشاراتِ الكهربائيّة. عندما تُغذّى الشبكةُ بإشارةٍ صغيرة تتغيّرُ شِحنتُها مُحدِثةً تغيّراتٍ كبيرةً في سَريان الإلكترونات إلى الأنود. لِذا فالإشارةُ المتجهة إلى الأنود هي نُسخةٌ مُضخَّمةٌ عن الإشارة على الشبكة. وقد حلّت الترانزِستوراتُ مؤخّرًا محلَّ الصّمامات في الراديوات، فظهرتْ راديواتُ الترانزِستور الصغيرة الحجم جدًّا.

الرّاديُو النّقّال

تحوي الراديواتُ النّقولةُ مُقوِّماتٍ إلكترونيّةً مُتعدِّدةً متباينةً لِتؤدّيَ مَهامَّ مُختلفة. فالهوائيُّ يلتقطُ إشاراتِ محطّاتِ الإذاعة والترانزِستوراتُ تضخّمُ هذه الإشارات. وباستطاعتكَ انتِقاءُ المحطةِ التي تُريدُ باستخدام دارةِ المُوالَفة المؤلّفة من مِلفٍّ ومُكثّفٍ مُتغيّر. ويتمُّ التحكُّمُ في الجَهارة بواسطة مُقاوِمٍ مُتغيّرٍ يضبطُ مُستوى الإشاراتِ الصّوتيّةِ التي تُغذّي المضخّمَ النهائيّ والمِجْهار.



صورةٌ كهربائيّة للأمواج الراديويّة المُضمَّنة السّعة

شكْلُ الإشارة الصّوتيّة المَحْمولة بالأمواج الراديويّة

نبَضاتُ الإشارة المَنقولة بالدّايود

إشارةُ الصّوت الأصليّة

الإشارةُ عبْرَ المُكثِّف

الاستقبال

الإشاراتُ المُضمّنةُ السّعة (إي إم) التي يبثُّها المُرسِلُ الرّاديويّ هي أمواجٌ لاسلكيّةٌ مُتغيّرةُ السّعة. هوائيُّ المُستقبِل يحوّلُ كُلَّ هذه الأمواج إلى إشاراتٍ كهربائيّةٍ مُضاهيةٍ تَنتقي منها دارةُ المُوالَفة الإشارةَ المطلوبة.

الكَشْفُ (الاستخلاص)

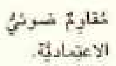
تنتقِلُ الإشارةُ المُنتقاةُ من دارة المُوالَفة إلى الدّايود، الذي يُحوّلُ الأمواجَ إلى نَبَضاتٍ كهربائيّةٍ تَشْحنُ المُكثِّفَ. وحيثُ إنّ المُكثّف يَحفظُ مُعظمَ الشّحنة بين النّبَضات، فإنّ الإشارة عبْرَهُ شبيهةٌ بإشارة الصّوت الأصليّ.

مُكثّفٌ مُتغيّر

عندما تُوالِفُ الرّاديُو على مَحطةِ إذاعة تَستخدِمُ مُكثّفًا مُتغيّرًا يحوي مجموعةً أو أكثرَ من الصفائح الثابتة والمُتحرّكة التي يُمكِنُها التقاطُع معًا دون أن تتماسّ. وتكونُ مُواسَعةُ المكثّف في حدِّها الأقصى عندما يكونُ تقاطُع الصفائح الثابتة والمُتحرّكة كاملًا. وبتغييرِ المُواسَعة ينتقي الرّاديُو إشاراتِ تردُّدٍ مُختلفة.

مُقوّماتٌ حديثة

منذُ العام ١٩٥٠ وتواليه بدأ تصنيعُ العديدِ من المُقوِّمات الإلكترونيّة بحجمٍ أصغرَ بكثير، كما طُوِّرت مُقوّماتٌ جديدة، وكُلُّها من الصِّغَرِ بحيثُ أصبحت المعدّاتُ المصغَّرةُ جدًّا شيئًا مألوفًا. حاليًّا تتواجدُ هذه المُقوّماتُ، مِن ترانزِسْتوراتٍ ومُقاوِمات ودايُودات ومكثِّفات، في العديدِ من الأدوات الإلكترونيّة المُتداوَلة. كما حقّقت التكنولوجيةُ الحديثة مُقوّماتٍ أكثرَ موثوقيّةً، كالدايُوداتِ الضوّاءة (الصِّماماتِ الثنائيّة الباعِثة للضوء) التي أخذت تحُلُّ محلَّ الصُّمَيجات الدّليليّة لأنّها تكادُ لا تتعطّلُ أبدًا.



مُقاوِمٌ ضوئيُّ الاعتماديّة.

في واجهة المِصْباح الليليّ الأوتوماتيّ أعلاه، يُوجدُ مُقاوِمٌ حسّاسٌ للضوء، تتزايدُ مُقاومتُه في العتمة، وتتأثّرُ دارةٌ إلكترونيّةٌ بهذا التغيير فتُمِرُّ التيّارَ ليُديرَه ليلًا.

تتضمّنُ وحدةُ الوَمْض مُكثِّفًا يختزنُ شِحْنةً كهربائيّة. فعندما تنطلقُ الشِّحْنةُ إلى صمامٍ خاصّ، يتولّدُ وميضٌ ساطع.

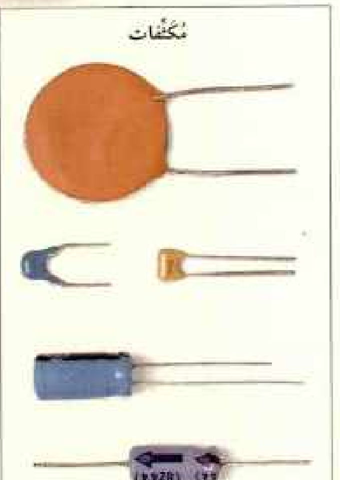
المُقاوِمات

يجري التحكُّمُ في شِدّةِ التيّارِ السّاري في دارةٍ كهربائيّةٍ بالمُقاوِمات؛ فالمُقاوِمُ العالي المُقاومةِ يُمرِّرُ تيّارًا صغيرًا نسبيًّا. والمُقاوِماتُ المتغيِّرةُ المصنوعة من الكربونِ أو الأسلاكِ ذاتُ مُلامِسٍ انزلاقيٍّ يُمكِنُ به تغييرُ المقاومة. أمّا المُقاوِماتُ الضوئيّةُ الاعتماديّةُ فتقِلُّ مُقاومتُها باشتِدادِ الضوء؛ كما إنّ مُعظمَ المُقاوِماتِ الحراريّة الاعتماديّة (الثِرمستورات) تقِلُّ مُقاومتُها بارتفاعِ درجةِ الحرارة.

مُقاوِمات

المُكثِّفات

المُكثِّفاتُ نبائطُ تختزنُ شِحْنةً كهربائيّة وتُطلِقُها عند الحاجة. ويتألّفُ المكثّفُ من طبقتَيْن فلزّيّتَيْن تفصلُ بينهما طبقةٌ عازلة، كالثلدائنِ مثلًا. أمّا المكثّفاتُ الكهرليّة فتُصنَعُ بترسيبِ طبقةٍ عازلةٍ بالكهرلة على صفائحَ من الألومنيوم. وتختزنُ المكثّفاتُ المختلفةُ القيمةِ السّعويّة كمّيّاتٍ مُختلفةً من الشِّحنةِ عندما تمُرُّ الفُلطيّةُ نفسُها عبْرَ صفائحِها.

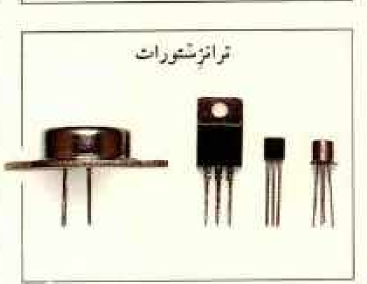


مُكثِّفات

المُضخِّم

يحوي المُضخِّمُ دارةً تُكبِّرُ الإشارةَ الكهربائيّةَ الصغيرة. وتُغذّي الترانزِسْتوراتُ الإشارةَ المضخَّمةَ (المُقوّاة) إلى المِجْهار.

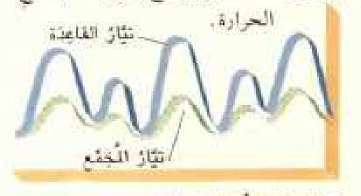
الترانزِسْتورات (المُحَوِّزات)



ترانزِسْتورات

الترانزِسْتوراتُ مُقوّماتٌ تُضخِّمُ التيّارَ الكهربائيّ، ويُمكِنُها أيضًا وَصْلُه وقَطْعُه. وتختلفُ الترانزِسْتوراتُ تبعًا لمدى تردُّدِ الإشاراتِ التي تستطيعُ تداوُلَها. مُعظمُ الترانزِسْتوراتِ لا تستهلكُ سِوى بضعةِ مِلّي أمبيرات فقط من مَوْرِدٍ فُلطيّتُه ١٢ فلطًا أو أقلّ. والترانزِسْتوراتُ التي تتداولُ قُدُراتٍ عاليةً تَسْخُنُ، لذا فهي تُزوَّدُ بنبائطَ فلزّيّةٍ مُزَعْنَفة، تدعى بوالِعَ حراريّة، لإشعاعِ الحرارة.





كيفَ يَعْمَلُ الترانزِسْتور

التغيُّرُ الصغيرُ في التيّارِ السّاري في القاعدةِ يُسبِّبُ تغيُّرًا أكبرَ في التيّارِ السّاري عبْرَ المُجمِّع. وهكذا فإنّ تسليطَ إشارةٍ صغيرةٍ على القاعدة يظهرُ كإشارةٍ أكبرَ على المُجمِّع. وتُسمّى تقويةُ الإشارة بهذه الطريقةِ التّضخيم.

مُقوّماتُ الترانزِسْتور

المُنْبَعِث

القاعدة

المُجمِّع

يتألّفُ هذا الترانزِسْتور من طبقةٍ شِبْهِ مُوصِّلٍ من النمط م (النمط الإيجابي) محصورةٍ بين طبقتَيْ شِبْهِ مُوصِّلٍ من النمط س (النمط السلبيّ). الطبقةُ الوُسْطى هي قاعدةُ الترانزِسْتور، أمّا الطبقتان الخارجيّتان فتؤلّفانِ المُنْبَعِثَ والمُجمِّع.

الدّايُودات (الصِّماماتُ الثُّنائية)

دايُودات

الدّايُودات في دارةٍ إلكترونيّة، تسمحُ بسَريانِ التيّارِ الكهربائيّ في اتّجاهٍ واحدٍ فقط. وهكذا فهي تحوِّلُ التيّارَ المتناوبَ إلى نبَضاتٍ من التيّارِ المُستمِرّ. تُصمَّمُ بعضُ الدّايُودات للاضطلاع بالتيّارات الضعيفة؛ بينما تستطيعُ أُخَرُ تداوُلَ التيّارات العالية جدًّا. ومن الدّايُودات ما هو ضَوّاء (باعِثٌ للضوء) فيُستَخدَمُ كصِمامٍ دليليّ.



مُقوّماتُ الدايود الضوّاء

تتألّفُ الدّايُوداتُ الباعثة للضوء من مُوصِلٍ شِبْهِ مُوصِّليّ في كبسولةٍ لدائنيّة. يَبْعثُ الدايودُ نورًا عندما يَمُرُّ تيّارٌ عبْرَه. والدايُودات الضوّاءةُ نادرةُ التعطُّلِ جدًّا لذا تُستخدَمُ بدلًا من الصُّمَيجات.



الدّايُوداتُ الضوّاءة

تُستخدَمُ الدّايُوداتُ الضوّاءةُ لإنارة الأرقام في بعضِ الحاسبات، أو كمُؤشِّراتٍ على اللّوحات الإلكترونيّة. وتتألّفُ مُؤشِّراتُ مُستوى الصّوتِ في بعضِ المُضخِّمات من أعمدةٍ من هذه الدّايُودات، إذ يزدادُ عددُ الدايُوداتِ المُنيرة بازديادِ مُستوياتِ الصّوت.

لمزيد من المعلومات انظر

الكَهْرَلة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
الكهرباءُ التيّاريّة ص ١٤٨
الدّاراتُ الكهربائيّة ص ١٥٢
الرّادْيُو ص ١٦٤
الدّاراتُ المتكاملة ص ١٧٠
الحاسبات ص ١٧٢
حقائقُ ومَعلومات ص ٤١٠

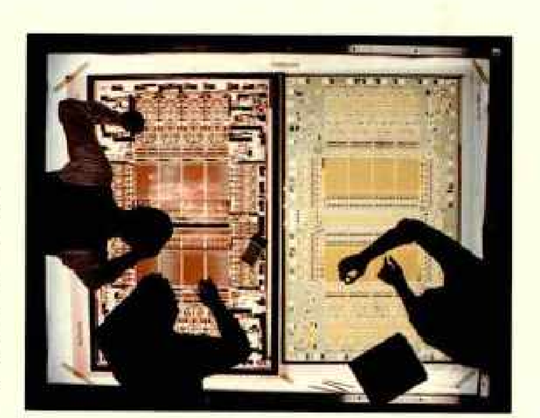
الدَّاراتُ المُتَكامِلَة

هنالِكَ جُزءٌ صغيرٌ داخِلَ اللعبةِ الإلكترونيَّة يتحَكَّمُ في سائرِ أنشِطتِها - يُحرِّكُ الأحرفَ أو الرُّموزَ على الشاشة، يُسَجِّلُ الإصابات، ويُصدِرُ الطَّنينَ إذا رِبحْتَ أو خسِرْتَ. هذا الجُزءُ الصغيرُ هو دارةٌ مُتكامِلة (أو رُقاقةٌ سِليكونيَّة) دقيقةٌ لا تتجاوزُ مِساحتُها بضعَ مِليمتراتٍ مُربَّعة. الرُّقاقةُ تَضُمُّ المُقوِّماتِ الإلكترونيَّةَ كُلَّها؛ وهُناكَ الآلافُ منها على الرُّقاقة السِّليكونيَّة الدقيقة. تُؤدِّي الداراتُ المتكامِلَةُ مُختلِفَ المُهِمَّات نفسِها التي تقومُ بها الداراتُ المصنوعةُ من مُقوِّماتٍ إلكترونيَّة مُنفَصِلة. والرُّقاقاتُ بكَونِها قليلةَ كُلفةِ التصنيعِ وعاليةَ المَوثوقيَّة، أسهمتْ في جعلِ المُعَدَّاتِ الإلكترونيَّةِ أرخصَ ثمنًا وأصغرَ حجمًا وأكثرَ كِفايةً وفعاليَّة.



لُعبةٌ إلكترونيَّة

اللُّعَبُ الإلكترونيَّةُ اليدويَّةُ هي حاسِباتٌ مُكرَّسةٌ مُبرمجةٌ لأداءِ عملٍ مُعيَّنٍ فقط. فاللُّعبةُ أعلاه تعرِضُ على شاشتِها مشهدًا فضائيًّا يقومُ فيه اللاعبونَ بإطلاقِ النارِ على السُّفُنِ الفضائيَّةِ المُعادِيَة.

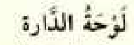


الدَّاراتُ المُصغَّرة

تُشَكَّلُ داراتٌ مُتكامِلَةٌ متعدِّدةٌ في الوقتِ نفسِه على الرُّقاقة السِّليكونيَّة، وهي شريحةٌ من بِلَّورةِ سِليكونٍ نَقِيٍّ. بعدَ التصنيعِ تُختَبَرُ كُلُّ دارةٍ بمُفردِها إلكترونيًّا، ثُمَّ تركَّبُ الدَّاراتُ التي تجتازُ كُلَّ الاختباراتِ بنجاحٍ في كبسولةٍ لَدائنيَّةٍ أو خزفيَّةٍ واقِيَة.

تَصْميمُ الدَّارة

قَبْلَ أن تُصنَعَ الدارةُ المتكامِلة، يُرسَمُ مُخطَّطٌ كبيرٌ لها بالكامِلِ ويُراجَعُ لِلدِّقَّة. وحيثُ إنَّ الدَّاراتِ المُتكامِلَةَ تُركَّبُ من طبقاتٍ، فإنَّهُ يُصارُ إلى تصميمِ كُلِّ طبقةٍ على حِدَةٍ ورَسْمِها. ثُمَّ يُصنَعُ من هذه التصاميمِ نُسخَةٌ بحَجْمِ الرُّقاقةِ تُدعى القِناع.



لَوْحَةُ الدَّارة

بعضُ البنائطِ البسيطةِ يحوي رُقاقةً رئيسيَّةً واحدةً وبضعةَ مُقوِّماتٍ أُخرى. لكنَّ الأجهزةَ الأكثرَ تعقيدًا، كالحاسوب، قد تحوي رَقائقَ عديدةً مُركَّبةً على لَوحةِ داراتٍ مطبوعة، حيثُ التوصيلاتُ بين الرُّقائقِ والمُقوِّماتِ الأخرى «مطبوعةٌ» بالنُّحاس.

رُقاقةٌ في وَسطِ كَبسولة خزَفيَّة

تُوصَلُ الرُّقاقةُ بلَوحةِ الدَّارة بواسطة دبابيسَ بارِزة.

رُقاقةٌ كَبْسوليَّة

«الرُّقاقةُ» التي تُشاهِدُها على لَوحةِ دارةٍ هي في الحقيقة كبسولةٌ تحمي رُقاقةً في داخِلِها. وتتِمُّ التوصيلاتُ بين الرُّقاقةِ ولَوْحَةِ الدَّارة بواسِطة أسلاكٍ من الذَّهبِ مُتَّصلةٍ بمساميرَ فِلِزِّيَّةٍ تبرزُ من الكَبسولة. وهذه المساميرُ تُلحَمُ بلَوْحةِ الدَّارة أو توصَلُ بالقَبْسِ في مَقابِسَ خاصَّة.

صُنْعُ الرُّقائق

تُصنَعُ مُقوِّماتُ الرُّقاقة برَصْفِ شِبْهِ مُوَصِّلاتٍ من النَّمطينِ م وَ س ومَوادَّ أُخرى على القاعِدَة السِّليكونيَّة، بإستِخدامِ القِناعِ المعيَّنِ دليلًا، وتُستَخدَمُ الحرارةُ والكيماويَّاتُ في تشكيلِ الموادّ. وتُنتِجُ التوليفاتُ المختلِفةُ مُقوِّماتٍ مُختلفةً كالترانزِسْتوراتِ والدَّايُودات والمُقاوِمات والمُكثِّفات الخفيضةِ السَّعة. إلى اليسار ترَى ثلاثًا من المراحلِ المُتعدِّدة التي ينطوي عليها إنتاجُ مُقوِّمٍ واحِدٍ على الرُّقاقة - هو في هذه الحال ترانزِسْتور من نوعٍ خاصٍّ ذو إلكترودٍ مركزيٍّ مَعزُول.

الرُّقاقةُ السِّليكونيَّة شِبْهُ مُوصِّلٍ من النمط م

طبقةٌ عازلة من ثاني أكسيد السليكون

شِبْهُ مُوَصِّلٍ من النمط س لِلإلكترودات الخارجيَّة

إلكترودٌ ترانزِستوري من البُوليسيليكون

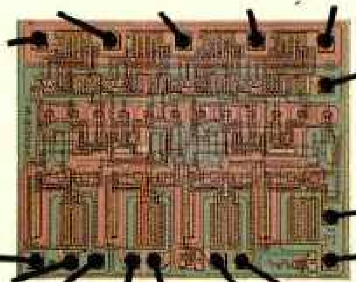
ثاني أُكسيد السليكون

سِليكونٌ من النمط م

التوصيلاتُ إلى الإلكترودات تُصنَعُ من مُوَصِّلٍ هو الألومنيوم.

ثاني أُكسيد السليكون

لا يزيدُ عَرْضُ هذا الترانزِسْتور على واحدٍ بالألف من المليمتر.

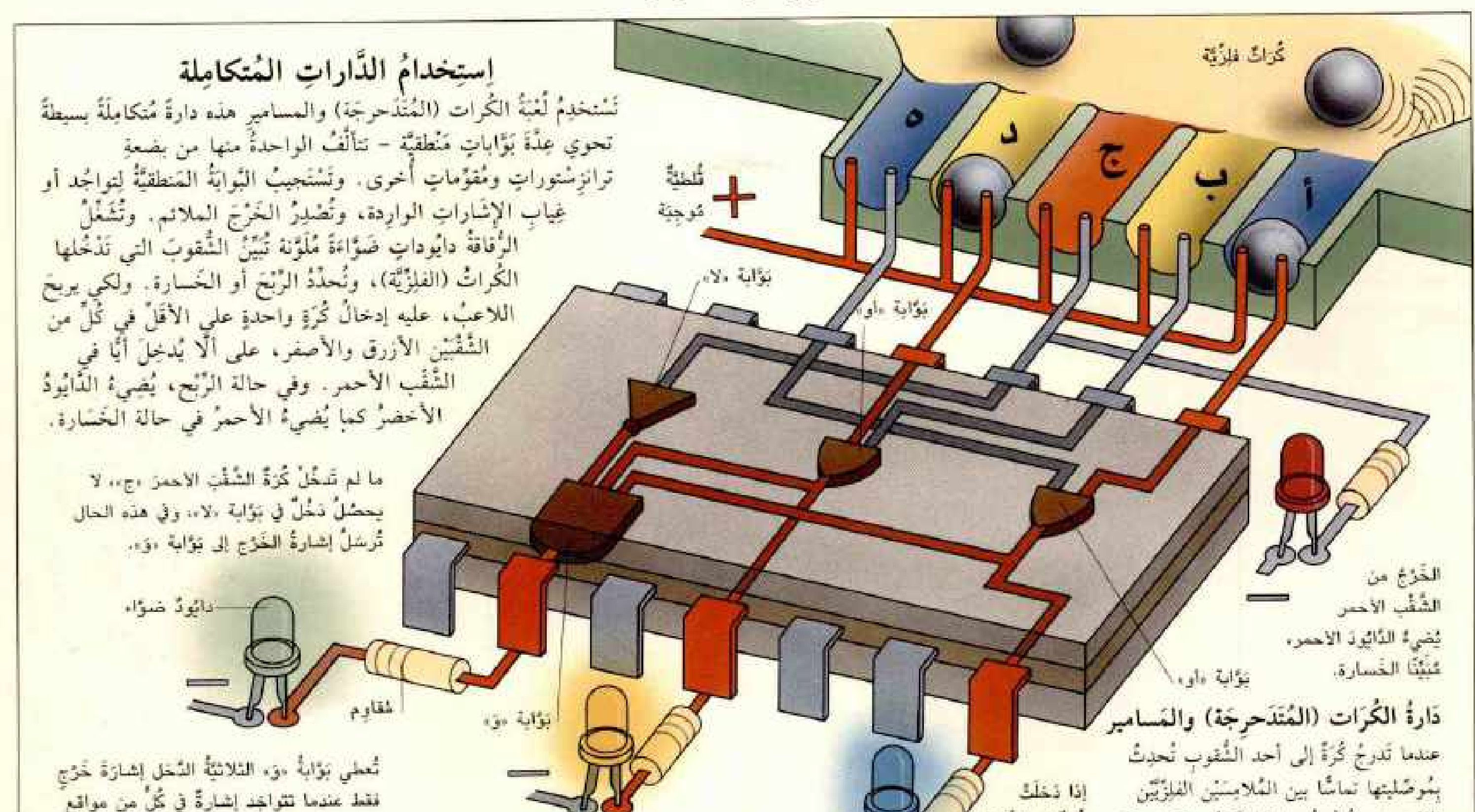


في داخل الرُّقاقة

هذا جُزءٌ من سَطحِ رُقاقةٍ سِليكونيَّة (دارةٍ مُتكامِلَة) مُكبَّرٌ ٤٠ مرَّةً. وتتِمُّ التوصيلاتُ بداراتٍ أُخرى عَبْرَ أسلاكٍ رفيعة تُلحَمُ بوُسيداتٍ حَوْلَ أطرافِ الرُّقاقة.

إستخدامُ الدَّاراتِ المُتكامِلة

تَستخدِمُ لُعبةُ الكُراتِ (المُتَدحرِجَة) والمسامير هذه دارةً مُتكامِلَةً بسيطةً تحوي عِدَّةَ بَوّاباتٍ مَنطقيَّة - تتألَّفُ الواحدةُ منها من بِضعةِ ترانزِستوراتٍ ومُقوِّماتٍ أُخرى. وتَستجيبُ البَوابَةُ المَنطقيَّةُ لِتواجُدِ أو غِيابِ الإشاراتِ الوارِدة، وتُصْدِرُ الخَرْجَ الملائم. وتُشَغِّلُ الرُّقاقةُ دايُوداتٍ ضَوّاءَةً مُلَوَّنَة تُبَيِّنُ الثُّقوبَ التي تَدْخُلها الكُراتُ (الفِلِزِّيَّة)، وتُحدِّدُ الرِّبْحَ أو الخَسارة. ولكي يربحَ اللاعبُ، عليه إدخالُ كُرَةٍ واحدةٍ على الأقلِّ في كُلٍّ من الثَّقْبَيْنِ الأزرقِ والأصفر، على ألّا يُدخِلَ أيًّا في الثَّقْبِ الأحمر. وفي حالةِ الرِّبْح، يُضِيءُ الدّايُودُ الأخضرُ كما يُضِيءُ الأحمرُ في حالةِ الخَسارة.



ما لم تَدخُلْ كُرَةُ الثَّقْبِ الأحمرِ «ج»، لا يحصُلُ دَخْلٌ في بَوّابة «لا»، وفي هذه الحال تُرسِلُ إشارةَ الخَرْجِ إلى بَوّابة «وَ».

الخَرْجُ من الثَّقْبِ الأحمر يُضِيءُ الدّايُودَ الأحمرَ، مُبَيِّنًا الخَسارة.

تُعطي بَوّابةُ «وَ» الثلاثيَّةُ الدَّخلِ إشارةَ خَرْجٍ فقط عندما تتواجَدُ إشارةٌ في كُلٍّ من مواقعِ الدَّخلِ الثلاثة. وهكذا تُعطي بَوّابة «وَ» خَرْجًا عندما تتواجدُ كُرَةٌ في أحدِ الثَّقْبَيْنِ الأزرقَيْن، وفي أحدِ الثَّقْبَيْنِ الأصفرَيْن ولا كُراتٍ في الثَّقْبِ الأحمر. والخَرْجُ من بَوّابة «وَ» يُضِيءُ الدّايُودَ الأخضرَ دليلًا على الرِّبْح.

إذا دَخَلَتْ كُرَةٌ أحدَ الثَّقْبَيْنِ الأصفرَيْن، تُرسَلُ إشارةٌ إلى بَوّابة «أو» اليُسرى. وهذا يُعطي خَرجًا إذا تواجدَتْ إشارةُ دَخْلٍ في «ب» أو «د» (أو كِلَيهما). وهذا الخَرْجُ يُضِيءُ الدّايودَ الأصفرَ، ثمَّ يذهبُ إلى بَوّابة «وَ».

إذا دَخَلَتْ كُرَةٌ في الثَّقْبَيْنِ الأزرقَيْن، تُرسَلُ إشارةٌ إلى بَوّابة «أو» اليُمْنى. وهذا يُعطي خَرجًا إذا تواجدَتْ إشارةُ دَخْلٍ في «أ» أو «هـ» (أو كِلَيهما). هذا الخَرْجُ يُضيءُ الدّايُودَ الأزرقَ ثمَّ يذهبُ إلى بَوّابة «وَ».

دارةُ الكُراتِ (المُتدحرِجَة) والمَسامير

عندما تدرجُ كُرَةٌ إلى أحد الثُّقوبِ تُحدِثُ بِمُوَصِّليتها تماسًّا بين المُلامِسَيْنِ الفِلِزِّيَّيْن اللذين يتصِلُ أحدُهما بِفُلطيَّةٍ مُوجَبَةٍ ضعيفة. وهكذا فإنَّه عند عُبورِ كُرَةٍ إلى ثَقْب، يُوجِّهُ ذلك الثَّقْبُ الإشارةَ المُسَلَّطَةَ إلى إحدى البَوّابات - عِلمًا أنَّ الدّارةَ مُرتَّبَةٌ بحيث يُضِيءُ الدايُودُ ذو اللونِ الصحيحِ في الثَّقْبِ المُعَيَّن. إنَّ تمديداتِ القُدرةِ إلى البَوّاباتِ المَنطقيَّة لا تَظهرُ في الرَّسمِ أعلاه.

البَوّاباتُ المَنطقيَّة

تَعْمَلُ البَوّاباتُ المَنطقيَّة بإشاراتٍ رَقْمِيَّة - غالبًا بِوُجودِ أو غِيابِ فُلطيَّةٍ مُوجَبَةٍ ضعيفة. وتُبَيِّنُ جداولُ الصَّوابِ نِتاجَ تسليطِ الإشاراتِ المَنطقيَّةِ على هذه البَوّابات. في جدولِ الصَّوابِ يُدَوَّنُ وجودُ الإشارةِ بالرقم ١ وعدمُ وجودِها بالصِّفر (٠).

بَوّابة «لا»

تُعطي بَوّابةُ «لا» خَرْجًا عندما لا تُسَلَّطُ إشارةٌ إلى دَخْلِها. كما لا تُعطي إشارةَ خَرْجٍ بوجودِ إشارةِ دَخْل. أحيانًا تُدعى بَوّابةُ «لا» عاكِسَ الطَّور.

الدخل	الخرج
0	1
1	0

بَوّابة «أو»

تُعطي بَوّابةُ «أو» المُزدوجةُ الدَّخلِ خَرْجًا عندما تُسَلَّطُ إشارةٌ إلى أحد موقعَي الدخل أو كِلَيهما.

الدخل ١	الدخل ب	الخرج
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

بَوّابة «وَ»

تُعطي بَوّابةُ «وَ» المُزدوجةُ الدَّخلِ خَرْجًا عندما تُسَلَّطُ إشارةٌ إلى كِلا مَوقِعَي الدَّخل.

الدخل ١	الدخل ب	الخرج
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

من النَّظيريِّ (القِياسيّ) إلى الرَّقْميّ

تُستخدَمُ داراتٌ مُتكامِلَةٌ مُصَمَّمَةٌ خصّيصًا لِتحويلِ الإشاراتِ النظيريَّة، كالإشارةِ الصوتيَّة، إلى أشكالٍ رقميَّة يمكِنُ تخزينُها في أُسطوانةٍ مُدمَجةٍ (مَرصوصة) مثلًا. وهٰذا يُكسِبُ الصوتَ نوعيَّةً أفضلَ بكثيرٍ لأنَّه لا يُشَوَّهُ بالتضخيم ولا يَلتَقِطُ الأصواتَ الدخيلَةَ كهَسيسِ البِلى في الأسطواناتِ المُسجَّلة. والإشاراتُ الرقميَّةُ يُعادُ تحويلُها عندَ الاستِقبالِ أو الاستعادةِ إلى إشاراتٍ نظيريَّة (قياسيَّة) هي، في الواقع، نُسَخٌ كهربائيَّةٌ نظيرةٌ للصوتِ أو الرؤيةِ أو لإشاراتٍ أُخرى، فتتغيَّرُ باستِمرار. أمّا الإشاراتُ الرقميَّةُ فتتألَّفُ من نَبَضاتٍ بسيطةٍ من الوَصْلِ والقَطْع.

قِياسُ الإشارة

لِتحويلِ الإشارةِ النظيريَّة (القياسيَّة) إلى إشارةٍ رقميَّة، تقيسُ دارةٌ متكامِلة شِدَّةَ الإشارةِ النظيريَّة آلافَ المرّاتِ كُلَّ ثانية. ثمَّ تُحَوَّلُ هذه القياساتُ إلى النَّمطِ الصحيح من الإشاراتِ الرَّقْمِيَّة.

١٢٨	٦٤	٣٢	١٦	٨	٤	٢	١
١	١	٠	٠	١	٠	٠	٠

القيمة ٢٠٠ يُعَبَّرُ عنها في الترميزِ الرقميِّ الثنائيِّ بالعدد ١١٠٠١٠٠٠ الذي يُمثِّلُ ١٢٨ + ٦٤ + ٨ أي ($٢^{٧} + ٢^{٦} + ٢^{٣}$).

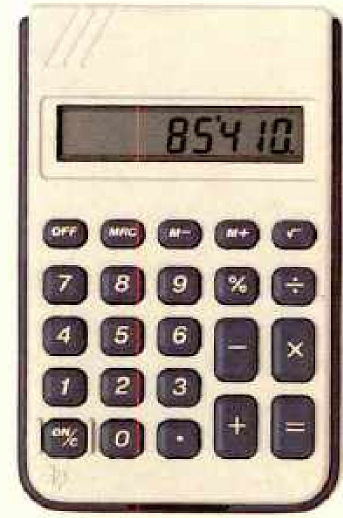
الإشارةُ الرقميَّةُ ثُنائيَّةُ الترميز، يُعَبَّرُ عنها بِمُتَواليةٍ من الوَصْلِ (١) والقَطْعِ (٠).

لمزيد من المعلومات انظر

مُقوِّماتٌ إلكترونيَّة ص ١٦٨
الحاسِبات ص ١٧٢
تَسجيلُ الصَّوت ص ١٨٨
حقائقُ ومعلومات ص ٤١٠

الحَاسِبَات

الحاسبةُ الإلكترونيَّة الحديثةُ هي أُعجُوبةُ التِّقانة في تصغير الحجم، إذ إنَّ قُدرتَها الحسابيَّةَ تفوقُ مِلءَ غُرفةٍ من المُعدَّاتِ الحاسبةِ الإلكترونيَّة الأولى. وهي، في الواقع، حاسوبٌ مُختَصٌّ بالعمليَّاتِ الحسابيَّة يُعطيكَ ناتجَ الحِسْبَةِ توًّا حالَ رَفْعِك الضغطة على الزِّر الأخير - جَمْعًا أو طرحًا أو ضربًا أو قِسْمةً. ولا يقتصرُ عملُ الحاسبات اليومَ على العمليَّات الأساسيَّةِ فهي تحوي مفاتيحَ لمُعالجة الدوالِّ الرياضيَّة وحلِّ العمليَّات المُعقدةِ أوتوماتيًّا. ويُمكِنُ بَرمَجةُ بعضِ الحاسباتِ لِلقيام بعملياتٍ حسابيَّة مُعيَّنة.



حاسبةُ الجَيْب

حاسبةُ الجَيْب، أعلاه، تحوي ذاكرةً إضافيَّةً لتخزين الأعدادِ التي يُحتاجُ إليها في الحِسْبَةِ لاحقًا. كما يُمكنُها إيجادُ الجُذورِ التَّربيعيَّة للأعداد، والنِّسبِ المُثلثيَّة للزوايا.

مَكِنَةُ الفُروق

هذه الحاسبةُ البدائيَّة المُعقَّدةُ كانَتْ أُولى الحاسباتِ التي صَمَّمها شارل باباج؛ وفيها أكثَرُ من ٢٠٠٠ قِطعةٍ مُتحرِّكة.

حاسوبُ الأعداد

بعضُ الناسِ يستخدمون أصابعَهم لِلعَدِّ والحساب، ولَعَلَّ هذا هو سببُ اعتِمادِنا النظامَ العَشْريَّ أساسًا لحِساباتِنا. يَستخدِمُ نِظامُ العَدِّ العَشريِّ الأرقامَ العشرة من ٠ (صِفْر) إلى ٩ (تِسْعَة). أمَّا الحاسباتُ الإلكترونيَّة الحديثةُ فتستخدِمُ نِظامَ العَدِّ الثُّنائيِّ ذا الرَّقمَيْن ٠ (صِفْر) وَ ١ (واحِد). ذلك لأنَّ الدَّاراتِ الإلكترونيَّةَ المُصَمَّمةَ لتَعَرُّف مُسْتويَيْ إشارَتَيْن فَقَطْ تُمثِّلانِ الصفر (٠) والواحد (١)، هي أبْسَطُ وأكثَرُ مَوثوقيَّةً من الدَّاراتِ المُصَمَّمةِ لِتَعرُّف مُسْتوياتِ عَشْرِ إشارات.

شارل باباج

في مَطلع الثلاثينيَّات من القَرْن التاسعَ عَشَر، صَمَّم الرِّياضيُّ الإنكليزيُّ شارل باباج (١٧٢٩-١٨٧١) حاسبةً ميكانيكيَّةً سُمِّيت «المَكِنة التحليليَّة». وكان مُفترضًا لها أن تحوي مَخزَنًا أو ذاكرةً، لِلأرقام، ووَحْدةً حاسبةً لإجراء العمليَّاتِ الحسابيَّةِ حسَبَ التعليماتِ الواردة من وَحْدةِ التحَكُّم. وكان من ضِمنِ التصميم أن تُغَذَّى المَكِنةُ بالتعليمات (البَرامج) مُرمَّزةً كأنماطٍ من الثقوب في بِطاقاتٍ مُخرَّمةٍ - بحيث تكونُ قابلةً لِلبرمجة (على عكس مَكِنات الفُروق)، كما هي الحالُ في الحواسيب الحديثةِ التي اعتمدَتْ أساسًا هذه الأفكار. لقد كرَّسَ باباجُ عِدَّةَ سنوات من حياته وأنفقَ الكثيرَ من ثروتِه على هذه المَكِنَة التي لم تَرَ النُّور.

العَرْضُ الرَّقميّ

مُكَثِّف

دارةٌ مُتكامِلة

ترانزِسْتور

واصلٌ شريطيٌّ بين لُوَيحة المفاتيح ولوحةِ الدَّارة.

مُقاوِم

لوحةُ دارةٍ مَطبوعة

الطَّلْيةُ الخضراءُ العازِلة تقي المسالكَ النحاسيَّةَ التي تصِلُ مُقوِّماتِ الدَّارة.

مَقْبِسُ الإعداد الرئيسيّ

مَلامِسُ بِقلاديَّة تتَّصِلُ عند ضَغط أزرارِ لُوَيْحةِ المَفاتيح.

الخَرْج (عَرْض رقميّ)

وَحدةُ مُعالجةٍ مَرْكزيَّة (مع ذاكِرة)

الدَّخْل (لُوَيحة المفاتيح)

لُوَيحةُ المفاتيح

تُغلَقُ المَفاليدُ خَلْفَ لُوَيحةِ المفاتيح لِفترةٍ وجيزةٍ عند ضغط مفاتيح الأرقامِ والتعليمات الأُخرى (مثل +، -، ÷، × أو =). وتكشِفُ الدَّاراتُ الإلكترونيَّةُ المُدْخَلاتِ إلى الحاسبة فتختزنُها بِشَكْلٍ ثُنائيّ. ثُمَّ تقوم داراتٌ أخرى بالعمليَّات الحسابيَّة.

النِّظامُ الثُّنائيّ

يُمَثَّلُ العدد العَشْري ٢٥ مثلًا، في النِّظام الثُّنائيّ بِـ ١١٠٠١؛ أي ١ × ١، زائد ٠ × ٢، زائد ٠ × ٤، زائد ١ × ٨، زائد ١ × ١٦. وقد يبدو هذا لَنا مُعقَّدًا، لكنَّه من السَّهْلِ جدًّا لِلحاسِبة تمثيلُ واختزانُ وتَعرُّفُ كُلٍّ من الصفر «٠» أو الواحد «١» كانعدام أو وُجود قُلطيَّةٍ كهربائيَّة. والحاسبةُ سُرعان ما تُحَوِّلُ العددَ الثُّنائيَّ المَحسوبَ آليًّا إلى عددٍ عَشْريٍّ يظهَرُ على إطارة العَرْض.

رُقاقَةُ الحاسِبة

تحوي حاسِبةُ الجَيْبِ الحديثةُ رُقاقةً واحدةً تضُمُّ جميعَ الدَّاراتِ المُعقَّدةِ اللَّازمةِ لإجراء العمليَّاتِ الحسابيَّة. وفي داخلِ الرُّقاقةِ وَحدةُ مُعالجةٍ مَرْكزيَّة تتحكَّمُ في جميع العمليَّات وتَستخدِمُ ذاكرةً إلكترونيَّةً لِتخزين الأعدادِ المُستعملة في الحساباتِ والنتائج المعروضة.

لمزيد من المعلومات انْظُر

العُلماءُ - كيفَ وماذا يعملون! ص ١٤
الخَلايا والبطَّاريَّات ص ١٥٠
مُقوِّماتٌ إلكترونيَّة ص ١٦٨
الدَّاراتُ المُتكامِلة ص ١٧٠
الحواسيب ص ١٧٣
حقائقُ ومَعلومات ص ٤١٠

الحَواسِيب

تستطيعُ الحواسيبُ مُساعدتَكَ في كِتابة الرَّسائلِ ورَسْمِ الصُّوَرِ والسَّلْوى بالألعابِ وإجراءِ العمليّاتِ الحِسابيَّة بسُرعةٍ، وفي القِيامِ بمُهِمّاتٍ عديدةٍ أُخرى. فقَد يَلْزمكَ مثلًا، ساعاتٌ لاحتِساب وتدوينِ جَدْول ضَرْب العَدَد ١٢ حتّى ٣٠٠٠ ضَرْب ١٢؛ لكِنَّ الحاسوبَ يستطيعُ إنجازَ ذلك في جدولٍ أنيقِ الطباعةِ خالٍ من الأخطاء ضِمْنَ دقائقَ معدودات. يتناوَلُ الحاسوبُ النُّصوصَ المُختلفةَ بتخزينها رُموزًا تمَثِّلُ حُروفَ الأبجديَّة والفُسحاتِ وعلامات التَّرقين؛ وٱستِخدامُ الحاسوب في كتابة النُّصوصِ وتحريرِها يُسَمَّى مُعالجةَ الكلمات. ويُساعدُ الحاسوبُ أيضًا في إنتاج المُخَطَّطاتِ والرُّسوم البيانيَّةِ دونَ الحاجة إلى وَرَقٍ وأقلام. وفي أعمال النشرِ النَّضَديّ يَجْمَعُ الحاسوبُ الكلماتِ والصُّوَرَ لإنتاج الجرائد والكُتُب والمجلات في المكتب. فبتواجُدِ البرامجِ والمُعَدّات (العَتاد) الحاسوبيَّةِ الملائمةِ يُمكِنُكَ القيامُ بجميعِ هذه الأشياءِ وكثيرٍ غيرِها.



الحاسُوبُ المُصَغَّر

الحاسُوبُ المُصَغَّرُ الحَقيبيُّ يُمَكِّنُ الناسَ من العَمَل أثناءَ السَّفَر. بَعضُ هذه الحواسيبِ يخزِنُ المعلوماتِ في ذاكرةٍ مُداوَمَةِ القُدرة بينما يُخَزِّنُ بعضُها الآخَرُ المعلوماتِ في وَحْدَة تَخزينٍ قُرْصيَّة.

الحاسُوبُ البَيْتي

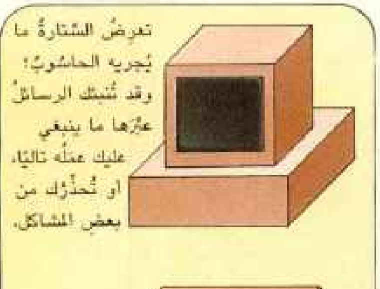
الحاسُوبُ المَنْزِليُّ النموذجيُّ مُزَوَّدٌ بنبائطَ لإدخال البياناتِ (المعلومات) والبَرامج. وفي داخِله داراتٌ إلكترونيَّة تقومُ بالعمليّاتِ وتُرسِلُ النتائجَ إلى نبائط الخَرْج. ويُغَذّى الحاسوبُ بالبرامج المُسَجَّلةِ على أشرطةٍ مِغْنَطيسيَّة أو أقراصٍ مباشرةً أو بٱستِنطاقها في وَحْدةٍ خاصَّة؛ كما يُمكِنُ تغذيتُه بالمعلومات بٱستِخدام لوحةِ مَفاتيحَ أو أيِّ نبيطةِ إدْخالٍ أُخرى. أما خَرْجُ الحاسوب فهو عادةً على شكل كلماتٍ أو أرقامٍ أو صُوَرٍ تُعْرَضُ على شاشةٍ أو تُطْبَعُ على وَرَقٍ أو تُبْعَثُ أصواتًا عبْرَ المِجْهار. ويمكِنُ تخزينُ هذا الخَرْجِ على شريطٍ أو قُرص.

تُستخدَمُ لوحةُ المفاتيح لإدخال المعلوماتِ والأوامر.

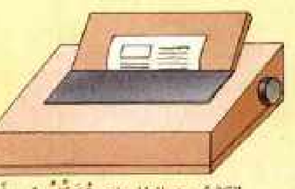
عند تحريكِ فارةِ الحاسوب تدورُ كُرَةٌ في أسفلها، ويتحوَّل دَورانُها إلى إشاراتٍ إلكترونيَّة تحرِّكُ مؤشِّرًا على الشاشة.

عند جَرِّ المرقم على لوحةِ المُخَطَّطات، تتحوَّلُ الحركاتُ إلى إشاراتٍ كهربائيَّة، تجعلُ الحاسوبَ يُحاكيها خُطوطًا على الشاشة.

في مُمارسة بعضِ الألعاب الحاسوبيَّة تُستخدَمُ ذِراعُ تحكُّمٍ لتوجيه المَركَبات حولَ الشاشة.



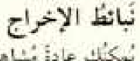
تعرِضُ الشاشةُ ما يُجريه الحاسوبُ؛ وقد تُنبئك الرسائلُ عبْرَها ما ينبغي عليك عملُه تاليًا، أو تُحذِّرُك من بعضِ المشاكل.



الكثيرُ من الطابعات تُشكِّلُ حُروفًا وصُوَرًا بٱستِخدام مجموعاتٍ من النُّقَط.



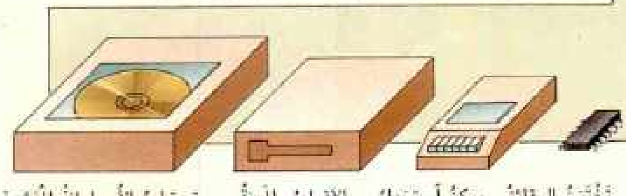
المُوِدِم (المُضمِّن المُستخلِص) يُحوِّلُ إشاراتِ الحاسوبِ بحيثُ يمكِنُ تناقُلُها بالخطوط التلفونيَّة بين الحواسيب.



تُبَرْمَجُ الرُّوبوطات للقيام بتجميع السيّاراتِ وفي أعمالٍ صِناعيَّةٍ أُخرى.

التخزين

الكمّيّاتُ الضخمةُ من المعلومات والتعليماتِ التي يتناولُها الحاسوبُ لا بُدَّ لها من تخزين. والتعليماتُ التي تؤلِّفُ البرامجَ تُختزَنُ عادةً كنَبَضاتٍ على أشرطةٍ مِغنطيسيَّةٍ أو أقراص؛ فتُغذّى هذه التعليماتُ إلى الحاسوب وتُختزَنُ مؤقتًا في رقائق الذاكرة. وهناك رقائقُ أُخرى في الحاسوب تختزِنُ التعليماتِ على الدوام - كبعضِ الرسائل التي تُعرَض على الشاشة لتُنبئ المُستخدِمَ ماذا يفعلُ تاليًا. وكثيرًا ما تُستخدَمُ الأشرطةُ المِغنطيسيَّةُ والأقراصُ أيضًا لتخزين ما أُنجِزَ من أعمالٍ على الحاسوب.



تستطيعُ الأسطوانةُ المُدمَجة الواحدة، ذاتُ الذاكرةِ القِرائيَّة فقط، تخزينَ كمّيَّةٍ ضخمةٍ من المعلومات - كمُحتويات عِدَّة كُتُبٍ مثلًا.

الأقراصُ المَرِنةُ أسرعُ عملًا من الكاسيتات الشريطيَّة.

يمكِنُ ٱستِخدامُ الكاسيتات في تخزين البرامجِ والمُعطيات.

تختزِنُ الرقائقُ البرامجَ والمعلوماتِ كنَبَضات إلكترونيَّة.

نَبائطُ الإدخال

الحواسيبُ المتعدِّدةُ الأغراضِ لها لَوحةُ مفاتيحَ تضُمُّ جميعَ حروفِ وأرقامِ الآلةِ الكاتبة، بالإضافة إلى بِضعة مفاتيحَ أخرى. وتُستخدَمُ لوحةُ المفاتيحِ في تغذية الحاسوبِ بالكلمات والأرقام، كما أيضًا في طِباعة التوجيهات وفي تحريك اللاعبين أو الأشياءِ هنا وهُناك على الشاشةِ في اللَّعِب. لكِنْ هناك نَبائطُ إدخالٍ أُخرى قد تكونُ أحيانًا أكثرَ إفادةً؛ فذِراعُ التحكُّم مثلًا أفضَلُ من لَوحةِ المفاتيح في توجيه الأشياءِ المُتحرِّكة في الألعاب؛ كما إنَّ فارةَ الحاسوب يمكِنُ تحريكُها على الطاولة لتحريك مؤشِّرٍ على الشاشة. ويُمكِنُ ٱستِخدامُ فارةِ الحاسوبِ أيضًا في رَسْم الصُّوَر، لكِنَّ لوحةَ المُخَطَّطات أيْسَرُ ٱستِعمالًا في ذلك. والعلاماتُ الموسيقيَّة يمكِنُ إدخالُها بلوحة مفاتيحَ كما الآلةُ الكاتبة، لكِنْ من الأيسَر والأفضلِ ٱستِخدامُ لوحةِ مفاتيحَ موسيقيَّةٍ مُصَمَّمةٍ خِصّيصًا لهذا الغَرَض.

نَبائطُ الإخراج

يُمكِنُك عادةً مُشاهدةُ عَمَلِ الحاسوب بمُراقبة شاشتِه، كما يُمكِنُكَ الحصُولُ على تسجيلٍ دائمٍ له في نُسْخةٍ مطبوعة، بإرسالِ المعلوماتِ في الحاسوب إلى الطابعة. أحيانًا يُغَذّى خَرْجُ الحاسوب إلى حاسوبٍ آخرَ عبْرَ خطٍّ تلفونيّ بٱستِخدام المُودِم (المُضمِّن المُستخلِص). وتستطيعُ الحواسيبُ أيضًا نَقْلَ توجيهاتنا إلى الرُّوبوطات لتتحرَّكَ حسَبَ رَغبتِنا.

تُستكمَلُ على الصفحة التالية

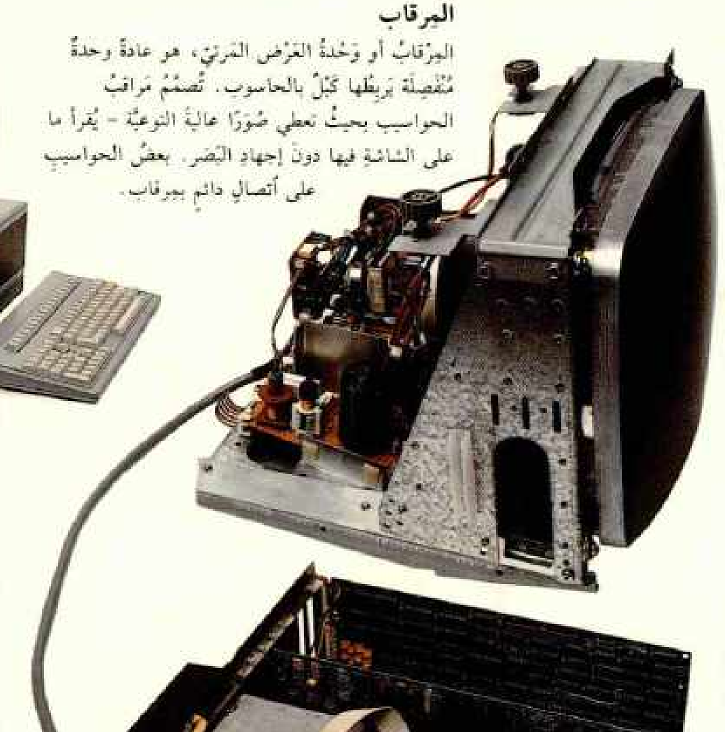


العَتادُ والبَرامِجيّات

يحتاجُ الحاسُوبُ إلى مُعَدّاتٍ (عَتادٍ مادّيّ) وأطقُمِ مَعلوماتٍ وتَعليماتٍ (برامِجيّات)، بالإضافةِ إلى بَرامج نُظُمٍ تُشغِّلُها، كي يُنجِزَ أعمالًا مُفيدة. يتعامَلُ الحاسوبُ بالمعلومات والتعليماتِ على شَكْلِ إشاراتٍ إلكترونيّةٍ تُمثِّلُ آحادَ وأصفارَ النظامِ الثُّنائي. إنَّ كتابةَ البرامجِ على هذا الشكلِ تَستغرِقُ وَقتًا طويلًا، لِذا نجري كتابتُها بلُغاتِ بَرمجةٍ خاصّةٍ تُشبهُ الإنكليزيةَ نوعًا. وهٰذه اللُّغاتُ تتحوَّلُ أوتوماتيًّا إلى شكلٍ يفهمُه الحاسوب.

المِرقاب

المِرقابُ أو وَحْدةُ العَرْضِ المَرئيّ، هو عادةً وحدةٌ مُنْفَصِلَة يَربِطُها كَبْلٌ بالحاسوب. تُصمَّمُ مَراقِبُ الحواسيبِ بحيثُ تعطي صُوَرًا عاليةَ النوعيّة - يُقرأُ ما على الشاشةِ فيها دونَ إجهادِ البَصَر. بعضُ الحواسيبِ على اتّصالٍ دائمٍ بمِرقاب.



المُراقَبةُ التوفيريّة

الحواسيبُ الرخيصةُ تحوي مُضمِّنًا يُحوِّلُ إشاراتِ الحاسوبِ إلى إشاراتٍ شَبيهةٍ بالإشاراتِ التي تحملُ البرامجَ التلفزيونيّة. وهذا يُمكِّنُ من مُوالَفَةِ هذه الإشاراتِ وعَرضِها على جهازٍ تلفزيونيّ عاديّ. غيرَ أنَّ نوعيّةَ الصُّورةِ لا تُضاهي تلكَ التي تُوفِّرُها المَراقِبُ المصمَّمةُ بالحواسيب؛ وقد تتعذَّرُ قراءةُ الكلماتِ عليها.

الحاسوب

الحاسوبُ الشَّخصيُّ صُندوقٌ يحوي الوَحداتِ الإلكترونيّةَ الرَّئيسيّة، ومُجهَّزٌ بمقابسَ لِتوصيلِ مَآخِذِ الإمدادِ ولَوحةِ المفاتيحِ والمِرْقابِ والطّابِعَةِ وأجهزةٍ أُخرى. تُركَّبُ وَحداتُ الأقراصِ (المُسمّاةُ سَوّاقات) عادةً داخلَ الصندوقِ لكنّ الجهازَ يُزوَّدُ غالبًا بمقابسَ لِتوصيلِ سوّاقاتِ أقراصٍ أُخرى.

تُوجَد هذه المَقاليدُ (المَفاتيح) الحُمْرُ تحتَ لَوْحَةِ المَفاتيح.

لَوْحَةُ المَفاتيح

لَوْحَةُ المفاتيحِ تضُمُّ الكثيرَ من مقاليدَ انضغاطيَّةِ الأزرارِ مَوسُومةٍ بالحروفِ ورُموزٍ أُخرى. والذي يحدُثُ عندَ كَبْسِ مِفتاحٍ مُعيَّنٍ منها يتوقَّفُ على كيفيّةِ بَرْمَجةِ الحاسوب. فقدْ تَعرِضُ ضغطةُ المفتاحِ حرفًا هِجائيًّا على الشاشة، أو تُحرِّكُ شخصيّةً في إحدى ألعابِ المُغامَرة، باتّجاهٍ مُعيَّن.

الخَرْجُ على الشاشةِ أو الطّابِعة

رُقاقة «ذاكرةِ الوُصُولِ العَشْوائيّ»

وَحْدةُ المُعالَجة المَركزيّة

الإدخالُ عن طريقِ لَوْحَةِ المفاتيح

رُقاقة «ذاكرةِ القِراءةِ فقط»

وَحْدةُ المُعالَجة المَركزيّة

وَحْدةُ المُعالَجةِ المركزيّةُ هي مَركزُ عمليّاتِ الحاسوب؛ وتتألّفُ من أعدادٍ كبيرةٍ من الدّاراتِ الإلكترونيّةِ المُدْمَجةِ في رُقاقةٍ واحدة تُسمّى المُعالِجَ الصُّغْريّ. تتلقّى هذه الوَحْدةُ المُعطياتِ من لَوْحَةِ المفاتيحِ ومن «ذاكرةِ القراءةِ فقط» كما من «ذاكرةِ الوُصُولِ العَشْوائيّ». ويُمكِنُها أيضًا إرسالُ البياناتِ أو المُعطياتِ لِلتخزينِ في «ذاكرةِ الوُصُولِ العَشْوائيّ»، وإرسالُ البياناتِ إلى المِرقابِ (وإلى نَبائطِ الخَرْجِ الأُخرى).

يَحوي الكثيرُ من الحواسيبِ سَوّاقةَ أقراصٍ مِغنطيسيّةٍ صُلْبةٍ (جاسِئة) مُثبَّتةٍ فيها لِتخزينِ البرامجِ والمُعطيات، والأقراصُ الصلبةُ في مُعظمِها لا يُمكِنُ نَزعُها من المَكِنة.

الأقراصُ المَرِنةُ، في أغلفتِها الذاتيّةِ الواقية، وكِنانَاتُ الأقراصِ الصُّلْبةِ يُمكِنُ نَزعُها من الحاسوب.

قُرصٌ صُلب

كِنانة

قُرصٌ مَرِن

رُقاقة

ذاكِراتُ الحاسوب

تختزِنُ رُقائقُ «ذاكرةِ القراءةِ فقط» المعلوماتِ التي يحتاجُها الحاسوبُ على الدوام؛ وتؤلِّفُ رقائقُ أُخرى «ذاكرةَ الوُصُولِ العَشْوائيّ». «ذاكرةُ القِراءةِ فقط» تُشبهُ الكتابَ يَستَقي منها الحاسوبُ المعلوماتِ، ولا يُضيفُ إليها شيئًا؛ فيما «ذاكرةُ الوُصُولِ العَشْوائيّ» تُشبِهُ المُفكِّرةَ يَختزِنُ فيها الحاسوبُ معلوماتٍ يَستطيعُ استخدامَها أو تغييرَها عند الحاجة؛ لكنَّ هذه المعلوماتِ تُفقَدُ عندَ وَقْفِ الحاسوب. والأقراصُ أيضًا نَبائطُ تخزين؛ وتُستخدَمُ المَرِنةُ منها في نَقْلِ المعلوماتِ بين الحواسيب.

لمزيد من المعلومات انْظُر

العُلَماء - كيفَ وماذا يعملون! ص ١٤
المِغْنَطيسيّة ص ١٥٤
التلفزيون ص ١٦٦
الدّاراتُ المُتكامِلة ص ١٧٠
الحاسِبات ص ١٧٢
استخدامُ الحواسيب ص ١٧٥
حَقائقُ ومَعلومات ص ٤١٠

الحواسيب

١٦٤٢ بليز بسكال (١٦٢٣-١٦٦٢) يبتكرُ مَكِنةً حاسبةً ميكانيكيّة.

١٨٠٥ جوزيف جاكار (١٧٥٢-١٨٣٤) يصنعُ نَوْلًا أوتوماتيًّا تَضبِطُ أنماطَ نُقوشِه بطاقاتٌ مُثَقَّبة. وقد استُخدِمَ مِثلُ هذه البطاقاتِ في الحواسيبِ لاحِقًا.

١٨٣٣ شارل بابَاج يُصمِّمُ المَكِنةَ التحليليّة - أوّلَ حاسوبٍ عامّ الأغراضِ قابلٍ للبرمجة.

١٨٩٠ هرمن هولِّريث (١٨٦٠-١٩٢٩) يَستخدِمُ نِظامَ البطاقاتِ المُثقّبة، مُسرِّعًا إحصاءَ السُّكّانِ في الولاياتِ المتحدةِ الأمريكيّة مِئاتِ المرّات.

١٩٤٦ المُهندسونَ في الولاياتِ المتحدةِ يَصنعونَ أوّلَ حاسوبٍ إلكترونيّ رَقْميّ.

١٩٥١ فريقُ المُهندسينَ ذاتُه يُصمِّمونَ يُونِفاك ١ - أوّلَ حاسوبٍ يُصنَعُ على نِطاقٍ واسع.

... صُورةٌ صُغْريّةٌ لِدارةٍ مُتكامِلة



استِخدامُ الحَواسِيب

الحواسيبُ البَيتيَّة، في مُعظمِها، ذاتُ برامجَ مُتعدِّدةٍ، فيُمكِنُ أستِخدامُها بطُرُقٍ مُختلِفةٍ في الألعابِ الحاسوبيَّة مثلًا، أو في مُعالجةِ الكلمات. لكِنَّ الكثيرَ من الحواسيب هي مَكِناتٌ مُكرَّسةٌ تختَصُّ بعملٍ واحدٍ فقط، وتختلِفُ شكلًا عن سِواها. فمَكِنة صرفِ النَّقْد في المصارِف مثلًا، تَستخدِمُ التقنيَّةَ الحاسوبيَّةَ لِتَدقيقِ حِسَابات الزبائن وتُمكِّنُهم من سَحْبِ النقود. والمكِنةُ المَصرِفيَّة هذه هي مِطْرافٌ حاسوبيٌّ مُتَّصِلٌ بحاسوب المَصرِفِ المركزيّ حيثُ تُختَزَنُ تفاصيلُ حساباتِ الزبائن. وتُستَخدَمُ الحواسيبُ المُتخصِّصةُ أيضًا في التحكُّم بالعمليَّات الصِّناعيَّةِ وأنظمةِ النَّقْل، أو في مُحاكاة أوضاعِ الحياةِ الواقعيَّة (كقيادة الطائراتِ مثلًا) لأغراضِ البَحث والتدريب.

نَوافِذُ «حَقيقيّة»

تُستخدَمُ مُخطَّطاتُ الرسوم الحاسوبيَّةِ لخَلْقِ مناظِرَ واقعيَّة، في «نَوافِذِ» جِهازِ مُحاكاةِ الطيران، تتغيَّرُ تمامًا كما تتغيَّرُ المشاهِدُ الحقيقيَّةُ في طيّارةٍ سائرة. وهذا أمرٌ بالغُ الأهمِّيةِ لإعطاءِ الطيّارِ المُتدرِّب واقِعًا حِسّيًّا بما يَشعُر به قائدُ طائرةٍ حقيقيَّة.

الطيّارون المُتدرِّبون يُحِسّون بكافَّةِ القُوى والمَشاعر كما لو أنّهم في طائرةٍ حقيقيّة لأنّ أجهزةَ التحكُّم في مقصورةِ القيادةِ تُشغِّلُ مكابسَ ضخمةً تُميدُ بالمركبة كأيِّ طائرة.

المُحَاكاة

يُدرَّبُ الطيّارونَ لِيُصبحوا خُبَراءَ في قيادة الطائراتِ الحديثة المعقَّدة، حتّى قبلَ أن يَركبوا طائرةً حقيقيَّة. وذلك بفضلِ مَركبةِ المُحاكاةِ المتحكَّم بها حاسوبيًّا. فالحاسوبُ يجعلُ مَركَبةَ المُحاكاة تَستجيبُ لمُختلفِ التأثيرات كما الطائرةُ الحقيقيَّة، من تحرُّكٍ ومَيلٍ في مختلفِ الاتجاهات. وتعرِضُ لَوحاتُ التحكُّم قراءاتٍ وأرقامًا واقعيَّةً لِقياساتٍ كالارتفاع والسُّرعةِ ومقدار الوَقودِ المُتبقّي في كُلِّ خزّان.

ذكاءُ الحواسيب

هل الحواسيب ذكيّة؟ بعضُ حواسيبِ الشَّطرنج تستطيعُ التغلُّبَ على مُعظمِ الناس لأنَّ ذاكرتَها الإلكترونيَّة الشاسِعة تَسمحُ لها بأحتِسابِ جميع التحرُّكاتِ المُحتمَلةِ مُسْبَقًا. والعُلَماءُ غيرُ مُتَّفقينَ إن كان هذا ذكاءً أم لا. والمُشكلةُ الرئيسيَّةُ هي عَدَمُ توافُقِهم على ماهيَّة الذكاء. والنُّقطةُ الجَوهريَّةُ هي أنَّ الحواسيبَ لا تَفْهَمُ ما تقومُ به!



يُختَبَرُ تصميمُ السيّارة هنا لمُقاوَمةِ الهواء بأستِخدامِ حاسوبِ «كراي» الفائق.

الواقِعُ المُتوهَّم

وسيلةٌ للانتِقال إلى عالَمٍ موهومٍ يُخيِّله لكَ الحاسوبُ كواقِع. فيُخلِّقُ الحاسوبُ صُوَرًا ثُلاثيَّةَ الأبعاد أمامَ عينَيْكَ وأصواتًا مُجسَّمةً في شِبهِ خُوذةٍ تتَّصِلُ بوَحدةٍ يدويَّة. وكُلُّ حَركةٍ من حركات الوحدةِ اليدويَّةِ تُنقَلُ مُترجمةً إلى مجموعةِ المِنظار وسَمّاعةِ الرأس بحيثُ حين يُحرِّكُ الشخصُ ذراعَه يَبدو كأنَّه يَلعَبُ مُباراةَ تِنِس على الشاشة، حتّى إنَّه يسمعُ خَبطةَ الكُرَةِ بالمِضْرَب.

يَسمَعُ اللاعبُ عبرَ خُوذتِه الأصواتَ ويُشاهِدُ ما قد يفعلُه فيما لو كانَ فِعلًا يلعبُ التِّنِس.

التصميمُ المُعانُ حاسوبيًّا

طريقةٌ لِتصميم الأشياءِ بأستِخدام مُخطَّطاتِ الرسم الحاسوبيَّة، فتُغذّى المعلوماتُ كاملةً إلى الحاسوب الذي يَعرِضُ مُخطَّطَ الشيءِ المَطلوبِ على الشاشة. ثُمَّ يُغذّى الحاسوب بظُروفِ تشغيلٍ مُختلفةٍ لاختِبار التصميم. فتتحدَّدُ بذلك أجزاءُ التصميم الرَّكيكةُ، وتُجرى التحسيناتُ عليها.

ألانْ تورِنغ

أسهَمَ عالِمُ الرياضيّات البَريطانيُّ آلان تورِنغ (١٩١٢-١٩٥٤) بشكلٍ رئيسيٍّ في وَضعِ النظرياتِ المُستخدمة في الحَوْسَبة الحديثة. وقد ساعدَ في تَطوير التبائط الإلكترونيَّة والأفكارِ التي أستُخدِمَت في فَكِّ رُموز الرسائلِ السِّرِّيَّة الألمانيَّة خِلالَ الحربِ العالميَّة الثانية (١٩٣٩-١٩٤٥). وكان أوَّلَ مَن أشارَ إلى إمْكانيّاتِ «الذَّكاء» في الحواسيب.

لمزيد من المعلومات انْظُر

العُلَماء - كيفَ وماذا يَعملون؟ ص ١٤
الحواسيب ص ١٧٣
الروبوطات ص ١٧٦
الأصواتُ الإلكترونيّة ص ١٨٩

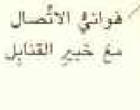
الرُّوبُوطات

مُعظَمُ الرُّوبوطات التي نُشاهِدُها في الأفلام تُشبِهُ البَشَرَ إلى حَدٍّ - فهي تَمشي وتتكلَّمُ وتُعالِجُ ما قد يَعْتَرِضُها من مَشاكِل. الحقيقةُ أنَّ مُعظَمَ الرُّوبوطات لا تُشبِهُنا، وأكثرُها يتواجَدُ في المَصانِع. ورُوبُوط المَصانِع في الغالِب أُحاديُّ الذِّراع عَديمُ الرِّجْلَين، ويتولَّى مُهِمَّةً واحدةً فقط. تتحَكَّمُ الحَواسيبُ في رُوبوطات الصِّناعةِ عَبْرَ التعليمات المُختَزَنَةِ في ذاكِرتها الإلكترونيَّة. ولَعلَّ السبيلَ الأفضلَ لِتسجيلِ الحَرَكات والتعليماتِ المَطلوبة لِلشُّغْلة إيكالُ عاملٍ بَشَريٍّ ماهِرٍ بأداءِ المُهِمَّةِ أوَّلًا. فيُختزنُ ما يقومُ به العاملُ من حركاتٍ كإشاراتٍ إلكترونيَّة يعملُ الحاسوبُ على جَعلِ الروبوط يُحاكيها بدِقَّة. والربوطاتُ المختلفةُ تؤدِّي مَهامَّ مُختلفةً كنقلِ البضائع واللِّحامِ وآستِكشافِ الكواكب.



التَّخلُّصُ من القنابِل

يستطيعُ خُبراءُ التخلُّصِ من القنابلِ فَحْصَ الأشياءِ المَشبوهَةِ بأمانٍ، بفَضْلِ هذا الروبوطِ المُتحرِّك. فكاميراتُ التَّلفزةِ المُقفلةُ الدارة تُرسِلُ إليهم، وهُم على بُعدٍ مأمونٍ، صُوَرًا شُعاعيَّةً للأجسامِ المُشتَبهِ بها ومُحتوياتها. والرُّوبوطُ مُجهَّزٌ بأنوارٍ كشّافةٍ للحصولِ على صُوَرٍ واضحةٍ لَيلًا. ويُستَخدَمُ الكَبّاشُ البُعاديُّ التحكُّم، في طرفِ الذراعِ المدّاد، لالتقاطِ الأجسامِ المُشتبهِ بها وإبعادِها.



كاميرا تلفزيونيّة مُقفلةُ الدارة

ذِراع

كبّاش

فوانيُّ الاتّصال مع خبيرِ القنابل

ضَوءٌ كشّاف

زَناجيرُ تُمكِّنُ من الحركة فوقَ أرضٍ وَعِرة.

الحقيبةُ قيدَ الفَحْص

الرُّوبُوط في الحِكايات

في فيلم «حَرْب النجوم» الروبوطاتُ تُشبِهُ البَشَرَ نوعًا. فأحدُها (سي٣٧ بي أو) يستطيعُ التواصُلَ بثلاثةِ ملايينِ طريقةٍ مُختلفة، والروبوط «آر٢ دي٢» يُجيدُ تصليحَ السُّفُنِ الفضائيّة. والرُّوبوطاتُ الحقيقيّةُ ليست طبعًا على هذا القَدْرِ من تعدُّدِ المَهارات؛ لكنَّ منها، حاليًّا، ما يُمكِنُه القيامُ بالترجماتِ البسيطة، وأُخَرَ تستطيعُ إجراءَ بعضِ التصليحاتِ المُحدَّدة.



التَّغذيةُ المُرتَدَّة

الأجسامُ السَّهلةُ التحطُّمِ قد تَسحَقُها قوابِضُ كبّاشِ الروبوط عندَ التقاطِها؛ فيعملُ مجسُّ الضغطِ، عبْرَ إشارةٍ مُرتدَّةٍ إلى دارةِ التحكُّم، على تحديدِ مِقدارِ الشدِّ اللازمِ لِلقَبْضِ الوَطيدِ ووَقْفِ أيِّ تصاعُدٍ في الضغطِ المُسلَّطِ عليها.

تألَّفَ مشروعُ فايكنغ إلى كوكبِ المرِّيخ من عَرَبتَيْن: العربةُ المَداريّةُ حملت عربةَ الهُبوطِ المزدوجةَ الروبوطات وحفِظَتْها حتّى بلوغِها مَدارَ المرّيخ.

بَعثةٌ إلى المِرّيخ

حطَّت على سطحِ المرّيخِ عام ١٩٧٦ عربةُ فايكنغ المُزدوجةُ الروبوطات في نطاقِ تقصّي العُلماءِ لِتواجُدِ الحياةِ في المرّيخ. الرُّوبوطانِ غَرَفا التُّرابَ وأجرَيا اختباراتٍ للكشفِ عن وُجودِ مُتعضّياتٍ حيّةٍ فيه، مُستخدمَيْن مُختبرًا بيولوجيًّا أُعِدَّ خصّيصًا لهذا الغرض؛ وكانت النتائجُ سلبيّة. لكنْ رُبّما تُوجدُ حياةٌ في موقعٍ آخرَ من هذا الكوكبِ الأحمر، ولعلّها تكونُ بأشكالٍ مُختلفةٍ عمّا نعرفُه - فروبوطا الفايكنغ تقصَّيا فقط الحياةَ العُضويّةَ الكيمياء، كما نعرفُها على الأرض!

لعلَّ عربةَ الهُبوط فايكنغ هي أكثرُ الرُّوبوطات التي أُرسلت إلى الفضاء تعقيدًا.

الرُّوبوطات الصناعيّة

يقومُ الرُّوبوط هنا بِلِحام الأجزاءِ المعدنيّة في مَصنعٍ للسيّارات؛ في حين يقومُ غيرُه برَشِّ هياكلِ السيّاراتِ بالدِّهان. فالرُّوبوطاتُ لا تَضيقُ ذَرْعًا بأداءِ الوظيفةِ نفسِها يوميًّا، كما البَشَر. وهي تستطيعُ مواصلةَ العملِ دونَ كَلَلٍ أو توقُّفٍ لِفتراتٍ أطول.

لمزيد من المعلومات انظر
الكربون ص ٤٠
الحَواسيب ص ١٧٣
المرّيخ ص ٢٨٩
السّوابِرُ الفضائيّة ص ٣٠١



الصَّوتُ والضَّوءُ مُتماثِلان في بعضِ خَواصِّهما ومُختَلِفان في خواصَّ أُخرى، فالأصواتُ التي نسمَعُها والمشاهِدُ التي نراها تصِلُنا كطاقةٍ صَوتيةٍ أو ضَوئيةٍ على شكلِ تموُّجاتٍ تختلِفُ نوعًا وتردُّدًا. طاقةُ الضوء من الشَّمْس تُدَفِئُ الأرضَ وتُسمِّرُ بياضَ الجِلد وتنَمّي الزُّروع. وطاقةُ الصوت تُذَبذِبُ الأشياءَ برِقَّةِ النغم أو تَهزُّها بعُنفٍ قد يُحطِّمُ زُجاجَ المَباني في دويِّ اختراقِ نفّاثةٍ جِدارَ الصوت! لكنَّ الصوتَ لا يَنْتَقِلُ إلّا في المادَّة، غازيةً أو سائلةً أو جامِدة، في حين ينتقِلُ الضوءُ في الموادِّ الشفّافة كما في الفَراغ - فنحنُ نَرى النجومَ السحيقةَ البُعد بالنُّور الصادرِ منها قبلَ آلاف السنين.

الصُّوَرُ الصوتيَّة

تجمَعُ الكاميراتُ الضوءَ لِتكوِّنَ صُوَرًا على الفيلم أو على شاشةِ التلفزيون؛ والصوتُ قادرٌ على تكوينِ الصُّوَرِ أيضًا. هُنا مثلًا صورةٌ لجَنينٍ، في رَحِمِ أُمِّه، بالأصداءِ الصوتيَّة. هذه الأصداءُ الصوتيَّة تُحدِثُها الأمواجُ فوقَ السَّمْعيَّة العاليةُ التردُّد جدًّا أثناءَ عبورِها جسَدَ الأمّ. فتُسجَّلُ الأصداءُ حاسوبيًّا لِتعطي صورةً لِلطِّفل قبلَ أن يُولَد.

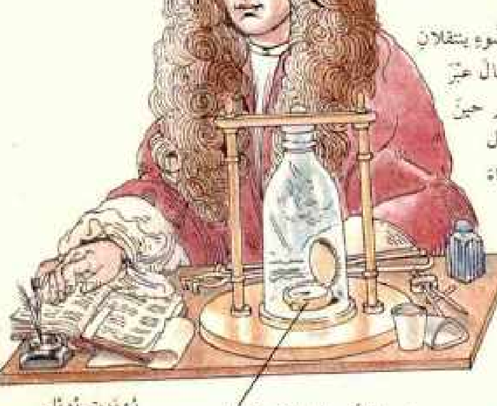

تُلُوِّنُ الصُّورةُ اصطِناعيًّا.

الرَّعْدُ والبَرْق

ضَربةُ الصاعِقةِ تُطلِقُ كمِّيّاتٍ ضخمةً من الطاقة الضوئيةِ والصوتيةِ بحيثُ يُمكِنُ سَماعُ هَزيمِها ورُؤيةُ وميضِها من مَسافاتٍ بعيدة جدًّا. ونحنُ نرى البَرْقَ قبلَ سَماعِ الرَّعْد لأنَّ الضوءَ أسرعُ من الصوت بحوالى مليونِ مرَّة - فنشاهِدُ البرقَ بعدَ بِضعةِ أجزاءٍ من المِليون من الثانية على حُدوثِه، لكِنْ قد لا نسمعُ الرَّعْدَ إلّا بعدَ بِضعِ ثوانٍ - عِلمًا أنَّهما مُتزامِنا الحُدوث.

الناقوسُ الصامِت

كان الفيلسوفُ الإغريقيُّ الشهير، أرِسْطو، يعتقِدُ أنَّ كِلا الصَّوتِ والضَّوءِ ينتقِلانِ عبْرَ الهواءِ كما الأمواجُ في البحر؛ وأنَّهما بالتالي لا يستطيعانِ الانتِقال عبْرَ الفَراغ. ولم يكن اختبارُ نظريَّةِ أرسطو مُمكِنًا قبلَ القرنِ السّابِعَ عشَر حينَ تمكَّنَ العُلماءُ من إحداثِ فراغٍ كامِل. والتجربةُ الأشهَرُ في هذا المجال أجراها العالِمُ الإيرلنديُّ، رُوبَرت بُويْل، عام ١٦٥٨. فقد ضَخَّ الهواءَ بِبُطءٍ من ناقوسٍ زُجاجيٍّ يحوي ساعةً تكّاكة؛ ولاحَظَ اختِفاءَ صوتِ تكّاتِ الساعة تدريجيًّا، ثمَّ تمامًا عندما أُفرِغَ الناقوسُ من الهواء. فاستنتَجَ بُويْل أنَّ الصوتَ ينتقِلُ بالهواء إلى آذاننا؛ وأنَّ ما توقَّعَهُ أرسطو صحيحٌ بالنسبةِ لِلصَّوت.


رُوبَرت بُويْل

صوتُ تكّاتِ الساعة خَفَتَ تدريجيًّا حتّى انقطَعَ أثناءَ ضَخِّ الهواء خارِجَ الناقوس.

تتألَّفُ خُصلةُ الألياف البصريَّة هذه من ٢٠٠٠ لِيفة.



الفَضاءُ الصامِت

ليس في الفَضاء هواء، وبالتالي فلا تُسْمَعُ أصواتٌ فيه. لذا يتَّصِلُ رُوّادُ الفضاءِ بعضُهم ببعضٍ بواسطة الرّاديو، لأنَّ الأمواجَ الرّاديويَّة، بخلاف أمواجِ الصوت، تستطيعُ الانتقال في الفراغ. والرُّوّادُ يَروْنَ بعضُهم بعضًا في الفضاء لأنَّ الضوءَ، كالأمواج الرّاديويَّة، ينتقِلُ عبْرَ الفَراغ.

الاتِّصالات

الصوتُ والضوءُ كِلاهُما وسيلةُ تَواصُل؛ فبأصواتِنا نتحادَثُ، وبالضوءِ يرى واحِدُنا الآخَرَ. والأنظمةُ التلفونيَّةُ تحوِّلُ الأصواتَ إلى إشاراتٍ كهربائيَّةٍ تنتقِلُ سِلكيًّا أو لاسِلكيًّا عبْرَ السَّواتِلِ إلى جميعِ أنحاءِ العالَم. وتَستخدِمُ شبكاتُ الاتصالِ الحديثةُ الأليافَ البصريَّةَ لِنقلِ المعلومات؛ فتحمِلُ النَّبَضاتُ الضوئيَّةُ المُكالماتِ التلفونيةَ والصُّوَرَ التلفزيونيَّةَ والبَياناتِ الحاسوبيَّةَ في كُبولٍ من الأليافِ الزُّجاجيةِ الدقيقة.

الصَّوت

نحنُ نعيشُ في عالَمٍ يَعِجُّ بالأصوات؛ بعضُها يَحدُثُ طبيعيًّا - كقَصفِ الرَّعد، وزمجرَةِ أمواجِ البَحْرِ المتكسِّرةِ على الشواطِئ، وهزيزِ الرِّياح؛ وبعضُها الآخرُ يُنبَعَثُ لِهَدَفٍ مُعَيَّنٍ - كزَقزقَةِ العصافيرِ لِاجتِذابِ الوِلْف، وصَريرِ الخفافيشِ لِتحديدِ مَوقعِ الفريسة، وكلامِ الناسِ لِلتواصُلِ فيما بينَهُم. بعضُ الأصواتِ لا يَعدو كونَه ضَجيجًا مُزعِجًا يُلوِّثُ البيئةَ: كضجيجِ حركةِ المُرور، وهديرِ الطائرات، وجَلَبةِ مَكِنات المصانع. الأصواتُ على اختِلافِها سبَبُها الاهتِزازُ أو الذَّبذَبةُ - أي الحَرَكةُ السريعةُ لِجُسَيماتِ المادة يَرتطِمُ بعضُها ببعضٍ ناقِلةً الطاقةَ كنبضٍ أو مَوْجةٍ مُتحرِّكة. يُمكِنُك تحَسُّسُ الذَّبْذباتِ الصوتيةِ بوَضعِ أطرافِ أصابعِك على حَلْقِك أثناءَ التكلُّمِ، أو لَمْسِ جَرَسِ الدرَّاجة برِفْقٍ وهو يَرِنُّ.

اتِّجاهُ المَوجة

شُدَّ طَرَفَ النابضِ نحو الداخل والخارجِ لإرسالِ موجةٍ طُوليَّةٍ على امتِدادِه.

الذَّبْذبات

يتَذَبذَبُ قُرصُ الناقوسِ عندَ قَرْعِه - فيهتزُّ بسُرعةٍ إقبالًا وإدبارًا دافِعًا جُزَيئاتِ الهواءِ حَوالَيه جَيئةً وذَهابًا، جاعِلًا ضغطَ الهواءِ يَعلو ويَهبِط. وتَنتقِلُ تغيُّراتُ الضَّغطِ هذه بتصادُماتِ جُزَيئاتِ الهواءِ ناقِلةً التموُّجاتِ الصوتيّةَ بعيدًا عن الجرسِ كتضاغُطاتٍ حيث يتزايَدُ ضَغطُ الهواءِ وتخلخُلاتٍ حيث ينخفِض.

تضاغُط

تخلخُل

اتِّجاهُ الموجة

حرِّكْ طَرَفَ النابضِ إلى أعلى وإلى أسفلَ لإرسالِ موجةٍ مُستعرِضةٍ عليه.

أمواجُ الطاقة

عندما ترمي حَجرًا في الماء، تَنتشِرُ الأمواجُ من مَركزِ مَغاصِه مُتحرِّكةً عبْرَ السَّطحِ مع ذَبْذبةِ جُزَيئاتِ الماءِ صُعُودًا وهُبُوطًا مُتعامِدةً مع اتِّجاه مَسارِ المَوجة. ويُعرَفُ هذا النوعُ من الأمواجِ بالأمواجِ المُستَعرِضَة. لكِنْ عندما تنتقِلُ موجةٌ صوتيةٌ عبْرَ الهواء، فإنَّ جُزَيئاتِ الهواءِ تتذبذبُ جَيئةً وذهابًا باتِّجاهِ مَسارِ الصوت؛ وهذا النوعُ من الأمواجِ يُعرَفُ بالأمواجِ الطوليَّة. ويُمكِنُك إرسالُ كِلا نوعَي الأمواجِ هذين على نابضٍ لَولَبيّ.

الأصواتُ المائيَّة



في الماءِ ينتقِلُ الصوتُ بسُرعةٍ أكبَر، ويَفقِدُ طاقتَه بسُرعةٍ أقلَّ منها في الهواء؛ لِذا تنتقِلُ الأصواتُ تحت الماءِ مسافاتٍ أطولَ قبلَ أن تَخبو. تَستخدِمُ الحيتانُ، كما الدلافينُ، الأصواتَ لِلاتِّصالِ فيما بينَها ولِتحديدِ اتِّجاهاتِها تحت الماء. وبعضُ الحيتانِ «يُغنّي ألحانًا» تصِلُ إلى مئاتِ الكيلومتراتِ عبْرَ المُحيطات.

اتِّجاهُ المَوجة

عامَة

الأمواجُ المُستَعرِضَة

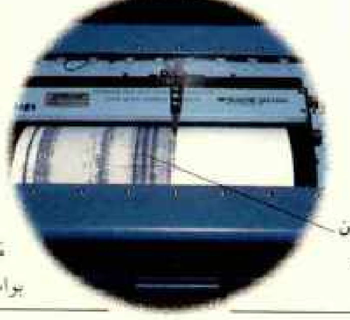
مَوْجُ الماءِ مَثَلٌ جيِّدٌ على الأمواجِ المُستَعرِضَة. تصوَّرِ العامَةَ فوقَ الماءِ جُزَيئًا منه. فعندَ مُرورِ مَوجةٍ مائيّةٍ حامِلةٍ لِلطاقة، تتذبذَبُ جُزَيئاتُ الماءِ صُعُودًا وهُبوطًا معها، كما العامَةُ. الجُزَيئاتُ ذاتُها لا تنتقِلُ مع الموجة - بل تتحرَّكُ فقط صُعودًا وهبوطًا في المَوْقعِ نفسِه.

حَرَكةُ المَوجة ترفَعُ العامَةَ إلى أعلى.

تهبِطُ العامَةُ بعدَ مُرورِ موجةِ الطاقة.

الأمواجُ الزِّلزاليَّة

تُوَلِّدُ الزَّلازلُ والانفجاراتُ أمواجًا زِلزاليّةً - هي في الواقعِ أمواجٌ صوتيةٌ تنتقِلُ عبْرَ الأرض؛ وتُسجَّلُ اهتزازاتُ هذه الأمواج بمِرسَمةِ الزَّلازلِ (السِّيزْمُوغراف). ومن دِراسةِ هذه الأمواج، يستطيعُ أخِصّائيّو الزَّلازل مَعرفةَ مركزِ الزَّلزلةِ وشِدَّتِها، كما يُمكِنُهم بواسطتِها جمعُ المعلوماتِ عن باطِنِ الأرض.



تُرسَمُ الذَّبذَباتُ (الاهتزازاتُ) الناتجةُ عن الزِّلزال، أو الانفجار، على سِجِلِّ مِقياسِ الزَّلزلة (المِرجاف أو السِّيزْمُومِتر).

تتغيَّرُ سُرعةُ الصوتِ في الهواء بتغيُّرِ درجةِ الحرارة؛ فهي ٣٣١م/ث في درجةِ الصفرِ سِلْسيوس (سنْتيغراد) و ٣٥٤م/ث على درجة ٤٠°س.

سُرعةُ الصَّوت

كان وليم دِرهام (١٦٥٧-١٧٣٥) أحدَ أوّلِ الذين حدَّدوا سُرعةَ الصَّوت بدِقَّة. ففي عام ١٧٠٨، وقفَ في مكانٍ مُشرفٍ في إقليم إيسكْس بإنكلترا يُراقِبُ إطلاقَ مِدفَعٍ يبعدُ عنه ١٩ كيلومترًا. ثمّ قاسَ الفترةَ الزمنيَّةَ الفاصِلة بين وَمِيضِ الطلقة ودَويِّها. ولكي يلغيَ تأثيرَ تغيُّرات اتجاه الرِّيح اعتمدَ مُعدَّلَ عِدَّةِ تجارِبَ، فكانت نتيجتُه قريبةً من القيمة المُعتمَدة حاليًا لِسُرعة الصوت وهي ٣٤٣م/ث على درجة ٢٠° س.





ينتقِلُ الصوتُ في الهواء بسُرعةِ ٣٤٣م/ث على درجة ٢٠° س.

ينتقِلُ الصوتُ في الماء بسُرعةِ ١٥٠٠م/ث.

الاتّصالاتُ بالدَّقّ

العُمّالُ الذين شَقُّوا النَّفَقَ تحت القَنالِ الإنكليزيّ لِرَبْطِ المملكةِ المُتَّحدة بأوروبا كانوا يتواصَلون بالدَّقِّ على الأنابيب المَعدِنية - فالصوتُ يَقْطَعُ مَسافاتٍ أبعَدَ، وينتقِلُ بسُرعةٍ أكبَرَ، في المعادنِ منها في الهواء.

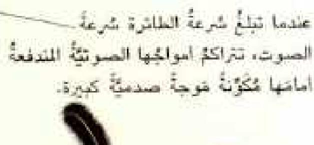
سُرعاتُ الصَّوتِ المُختلفة

ينتقِلُ الصَّوتُ في الجَوامِدِ والسَّوائلِ بِسُرعةٍ أكبرَ منها في الغازات. فالجوامدُ والسَّوائلُ أَجْسَأُ من الغازات لأنَّ جُزيئاتها أكثرُ تلازُّا فيما بينها. وهي ترتدُّ لتستعيدَ شكلَها بسُرعةٍ بعْدَ الانضغاط، فتُمِرُّ النبضاتِ الصوتيةَ بسُرعةٍ أكبَر. ينتقِلُ الصوتُ في الماءِ بسُرعةٍ تعادِلُ خمسةَ أضعافِ سُرعتِه في الهواء تقريبًا، وفي الفولاذِ بسُرعةٍ تُعادل حوالى ٢٠ ضعفًا.

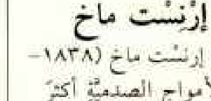
ينتقِلُ الصوتُ في الفولاذِ بسُرعةِ ٦٠٠٠م/ث.

الأمواجُ الصَّدْميَّة

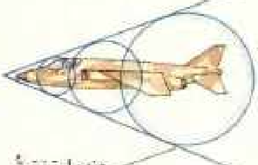
تَسيرُ النَّفّاثاتُ فوقَ الصوتيَّةِ بسُرعةٍ تفوقُ سُرعةَ الصوت، لِذا لا يُمكِنُكَ سَماعُها وهي قادمةٌ نحوَكَ - لأنّها تتجاوَزُكَ قبْلَ وُصولِ صوتِها إليك. لكنَّ صوتَها اللاحقَ يَصِلُ فجأةً كموجةٍ صدميَّةٍ تُحدِثُ ما يُسمّى دويَّ أختراقِ جِدارِ الصوت.



عندما تطيرُ النفّاثةُ بسُرعةٍ دونَ الصوتيَّة، تنتشِرُ أمواجُها الصوتيةُ أمامَها، فيمكِنُكَ سَماعُها وهي قادِمةٌ نحوك.



عندما تبلغُ سُرعةُ الطائرة سُرعةَ الصوت، تتراكمُ أمواجُها الصوتيَّةُ المندفعةُ أمامَها مُكَوِّنةً موجةً صدميّةً كبيرة.



موجةٌ صَدْميّة

عندما تخترِقُ الطائرةُ جِدارَ الصوت تُخلِّفُ وراءَها موجةً صدْميّةً تُحدِثُ دويًّا هائلًا.



فَرْقَعةُ السَّوط

قد تكونُ فَرْقَعةُ السَّوط ناتِجةً عن تحرُّكِ طَرفِهِ بِسُرعةٍ تفوقُ سُرعةَ الصوتِ - مُوَلِّدًا بذلك موجةً صدميَّة.

إرْنِسْت ماخ

وصَفَ الفيزيائيُّ النمساويُّ، إرنِسْت ماخ (١٨٣٨-١٩١٦) تكَوُّنَ الأمواجِ الصدميَّةِ أكثرَ من خمسينَ عامًا قبْلَ تحقيقِ الطيران بسُرعةٍ فوق صوتيَّة. وإكرامًا له تُستخدَمُ الأرقامُ الماخيَّةُ اليومَ لِتقديرِ سُرعةِ الطائرات على أساسِ سُرعةِ الصوت. فالطائرةُ السائرةُ بسُرعةِ الصوتِ سُرعتُها ماخ واحِد (١ ماخ)؛ وسُرعةُ ٢ ماخ تُعادِلُ ضِعفَي سُرعةِ الصوت. طائراتُ الرُّكابِ جميعُها، عدا الكونكُورد، تَطيرُ بسُرعةٍ دونَ الصوتيَّة (أي أقلَّ من ماخٍ واحد)؛ أمّا الكونكُورد فهي فوقُ صَوتيةٍ إذ تطيرُ بسُرعة ٢ ماخ.

لمزيد من المعلومات انظر

حالاتُ المادَّة ص ١٨
خصائصُ المادَّة ص ٢٢
التَّرابُطُ الكيماويّ ص ٢٨
الاهتِزازات ص ١٢٦
الهزّاتُ الأرضيّةُ (الزّلازل) ص ٢٢٠

قِياسُ الصَّوت

الأصواتُ قد تكُونُ جَهيرةً أو هادِئةً، عاليةَ دَرجةِ النَّغم كالصفّارة، أو خَفيضَتها كمُحرِّكِ السيّارة. بعضُ الأصوات مُمتِعٌ، وبعضُها الآخرُ مُزعِجٌ أو حتّى مُؤلِم. فما الذي يجعلُ صوتًا مّا يَختلِفُ عن آخر؟ واضِحٌ أنَّ السُّرعةَ لا عَلاقةَ لها بذلك، فكُلُّ الأصواتِ تنتقِلُ بالسُّرعةِ ذاتِها، وإلّا لَكانت أصواتُ آلاتِ الجَوْقةِ الموسيقيّةِ تصِلُ إلى آذانِنا صَوتًا بعدَ الآخر مُخبَّصَةً مُشوَّشةً. الجوابُ هو أنَّ الأصوات المُختلِفةَ متبايِنةُ شَكلِ الأمواج. فَسَعَةُ الموجةِ الصوتيّةِ هي التي تجعلُ الصوتَ هادِئًا أو جَهيرًا؛ كما إنَّ تَردُّدَ المَوجةِ الصوتيّةِ هو الذي يتحكَّمُ في عُلُوِّ درجة النَّغم (أي طبَقةِ الصوت) أو انخِفاضِها. أما الطولُ المَوجيُّ - وهو المسافةُ بين تضاغُطَين مَوجِيَّين (ذُروَتَين) - فعلاقَتُه مُباشِرةُ الارتباطِ بالتردُّدِ بِنِسبةٍ عكسيّة.



الميكروفونُ، المَوصولُ بكاشِفِ الذَّبذَبة، يُحوِّلُ صوتَ النّاي إلى إشاراتٍ كهربائيّة.

سَعةُ المَوجة

يَعرِضُ كاشِفُ الذَّبذبةِ نَمطَ الموجةِ الصوتيّةِ على شاشتِه مُبيِّنًا ارتفاعَ ضغطِ الهواء وهُبوطَه أثناءَ مُرورِ الموجةِ الصوتيّةِ عبْرَ الميكروفون. فإذا ارتفعَتْ جَهارةُ الصوتِ ازدادتْ تغيُّراتُ الضَّغط وازدادَتْ سَعةُ الموجة.





هِنْريخ هِرتْز

الفيزيائيُّ الألمانيّ، هِنْريخ هِرتْز (١٨٥٧-١٨٩٤) كانَ أوّلَ مَن أنتجَ أمواجًا راديويّةً وكشفَ عن وُجودِها. وقد سُمِّيَتْ وَحدةُ التردُّد الهِرتْز، المُستَخدَمةُ لجميعِ أنواعِ الأمواجِ والذّبذبات - بما فيها الأمواجُ الصوتيّةُ والرّاديويّةُ والضوئيّةُ، بِاسمِه. والهِرتْز يُساوي ذَبذَبةً واحدةً في الثانية.

تظهرُ ذُرى أمواجِ الصوتِ العاليةِ التردُّدِ على الشاشةِ مُتلازّةً أكثرَ من ذُرى الأمواجِ الخَفيضةِ التردُّد، لأنَّ ما يصِلُ منها إلى الميكروفون في وَحدةِ الزمنِ أكثَر.

التردُّد

تردُّدُ الموجةِ هو عددُ ذَبذَباتِها في الثانية، ويُقاسُ بعَدَدِ الذُّرى المَوجيّةِ العابرةِ في تلك الفترة. فالموجةُ ذاتُ التردُّدِ الخَفيضِ طويلةُ الطولِ المَوجيّ؛ وذاتُ التردُّدِ العالي قصيرةُ الطولِ المَوجيّ. فالأمواجُ العاليةُ التردُّدِ القصيرةُ الطولِ المَوجي تُعطي صوتًا عاليَ الطبقة، فيما الصوتُ من الأمواجِ الخفيضةِ التردُّدِ والطويلةِ الطولِ المَوجيّ خفيضُ درجةِ النغم.

ظاهِرةُ دُوبْلر

طبَقةُ أو درجةُ نَغمِ الصوتِ التي تَسمَعُها من صفّارةِ سيّارةِ الشرطةِ العابِرةِ بسُرعةٍ تعتمِدُ على ما إذا كانت السيّارةُ قادمةً نحوكَ أو مُدبِرةً بعيدًا عنك. فالسيّارةُ المُقترِبةُ تُضاغِطُ الأمواجَ الصوتيّةَ أمامَها وتُضامُّها فتقِلُّ أطوالُها ويَزدادُ تردُّدُها، فتَعلُو طبقةُ الصفير. أمّا خلفَ السيّارةِ المُدبِرةِ فتمتطُّ الأمواجُ الصوتيّةُ؛ والأمواجُ الأطولُ ذاتُ تردُّدٍ أخفضَ؛ فتسمعُ الصفيرَ المُدبِرَ أخفضَ طبقةً.

الأمواجُ الصوتيّة

الأمواجُ الصوتيّةُ تنتقِلُ في الهواء فِعلًا كانتِقالِ مَوجةٍ على طولِ نابِضٍ لَولَبيّ. فيُماثِلُ التضاغُطُ (حيثُ تتحشَّدُ جُزيئاتُ الهواء) ذُروةَ موجةٍ مائيّة؛ بينما يُماثِلُ التخلخُلُ (حيثُ تتفاسَحُ جُزيئاتُ الهواء) قرارَ مَوجةٍ مائيّة.



الطُّولُ المَوجيّ

الأمواجُ القصيرةُ أو الطويلةُ تَسْهُلُ مشاهَدتُها في الماء. فالطولُ المَوجيُّ لِمَوجةٍ مائيّةٍ هو المسافةُ بين ذُروتَين مُتجاورَتَين كما الطولُ المَوجيُّ لِمَوجةٍ صَوتيّةٍ هو المسافةُ بين تَضاغُطَين مُتجاورَين. الأمواجُ مُتلازّةٌ مُتقارِبةٌ في الصوتِ ذي الطولِ المَوجيّ القصير، ومُتباعِدٌ بعضُها عن بعضٍ في الطولِ الموجيّ الأطول.

لمزيد من المعلومات انظر

الصَّوت ص ١٧٨
إحداثُ الصوت وسَماعُه ص ١٨٢
جَهارةُ الصوت ص ١٨١
الأصواتُ الموسيقيّة ص ١٨٦
حقائقُ ومَعلومات ص ٤١٢

جَهارَةُ الصَّوت

تعتمدُ جَهارةُ الصَّوت على الشِّدَّةِ (كمِّيَّةِ الطاقة) التي تَحمِلُها الأمواجُ الصوتيَّة. فالذبذَباتُ الكبيرةُ وَفيرةُ كميَّةِ الطاقة، وتُنتِجُ أمواجًا صوتيَّةً شديدةً كبيرةَ السَّعَة. الأصواتُ العاليةُ الجَهارة جدًّا، كَدَوِيِّ آختراقِ جِدار الصوت أو زَمجرةِ الأمواجِ الصدميَّةِ مِن الانفجارات، يُمكِنُ أن تكونَ مُؤلمةً وقد تُسبِّبُ ضَررًا بالِغًا - فالأمواجُ الصوتيَّةُ ترتَطِمُ بالمُنشآتِ فتجعلُها تتذبذبُ. ويُستخدمُ مِقياسٌ خاصٌّ، يُدعى سُلَّمَ ديسِيبِل (بآسم ألكسندر غراهام بل) لِقياس جَهارةِ الصَّوت.



صَوتُ جوقةِ الرُّوك يُعادِلُ صوتَ سُقوطِ ١٠٠ مليون ورقةٍ نباتيَّة.

لا غرابةَ أن يُعاني موسيقيُّو الرُّوك من ضَعفِ السَّمْع. فالأصواتُ فوقَ ١٢٠ (دب) قد تُسبِّبُ ألمًا شديدًا وصَممًا.

سُلَّمُ ديسِيبِل

فَرْقُ السَّعَة المَوجيَّةِ بينَ أهدأِ الأصوات وبين الأصواتِ العاليةِ الجَهارة حتى مُستوى الإيذاء كبيرٌ جدًّا بحيثُ يتعذَّرُ تمثيلُه عدَديًّا. وسُلَّمُ الدِّيسِبيل مَثَّلَ على السُّلَّم اللوغاريتميّ، حيثُ تتضاعَفُ جَهارةُ الصوتِ ١٠ أضعافٍ في كُلِّ مَرَّةٍ يُضافُ فيها ١٠ ديسِبيل (دب) إلى المُستوى الصوتي. فإذا زِيْدَ المستوى الصوتي ٢٠ (دب) تتضاعَفُ جَهارةُ الصَّوت ١٠ × ١٠ = ١٠٠ مَرَّة.



الخَطَرُ الكامِن

المُجَسِّمُ الصوتيُّ (الستيريو) الشَّخصيُّ ليس عاليَ القُدرة، لكِنَّ دخولَ كامِلِ الصوتِ تقريبًا مُباشرةً إلى الأذنَين، قد يَجعلُ مُستوياتِ الصوتِ داخلَ الأُذنِ عاليةً جدًّا. إنَّ تَسَمُّعَ المِجْسامَاتِ الشخصيَّةِ، بجهارةٍ زائدةٍ، لِفتراتٍ طويلةٍ قد يُضعِفُ السَّمْع.

تَدْثيرٌ خاصٌّ يمتصُّ الصَّوت

واقيةُ الأُذُنَين

قِياسُ الصَّوت

يمكِنُ مُراقبةُ المُستوياتِ الصوتيَّةِ داخِلَ المصانعِ بمقاييسِ المُستوى الصَّوتيِّ للتأكُّدِ من عَدمِ خُطورَتِها. إنَّ المُستوى الصوتيَّ يجِبُ ألَّا يزيدَ على ١١٠ (دب) في أيِّ وقتٍ من الأوقات، كما يجِبُ ألَّا يَتجاوزَ ٩٠ (دب) ليوم عملٍ كامِل.

في المُستوياتِ الصَّوتيَّةِ فوقَ ١٠٠ (دب) يجِبُ أن يكونَ العملُ مُحَدَّدًا بفتراتٍ قصيرةٍ فقط.

وِقايةُ الأُذُنين

الذينَ يعملونَ في أجواءٍ تعجُّ بالأصواتِ العاليةِ عليهِمْ أن يحمُوا آذانَهم بآستخدام واقياتٍ كاتمةٍ للضجيج. فالتعرُّضُ فتراتٍ طويلةً لمُستوياتٍ صوتيَّةٍ عاليةٍ من تردُّداتٍ مُعيَّنةٍ يُعرِّضُ المَرءَ للصَّمَم.

إخمادُ الضجيج

قد يتضامُّ صَوتانِ مَعًا لِيُنتِجا سُكونًا! ومن غَيْرِ المُحتَمل أن يَحدُثَ ذلكَ صِدفةً. لكِنْ بقياسِ الموجةِ الصوتيَّةِ يُمكِنُ لِلحاسوبِ إنتاجُ مَثيلٍ مِرآويٍّ لها، بحيثُ تُقابِلُ الذُّرى في المَوجةِ الأصليَّةِ قَراراتِ المَوجةِ الصوتيَّةِ الجديدة تمامًا. ويتراكَبُ الصوتَينِ يُلغِيانِ احدُهما الآخر، ويُعرَفُ هذا الأسلوبُ بإخمادِ الضجيج. ففي المُستشفياتِ، تُجهَّزُ بعضُ آلاتِ مَسْحِ الجِسْم بأنظمةٍ مُخمِدةٍ للضجيج تجعلُها هادئةً لا تُرَعِّبُ المريض. وفي المُستقبَل قد يتِمُّ تجهيزُ البرَّاداتِ ومَكناتِ الغَسيل بأنظمةِ تخميدٍ مُماثِلةٍ تجعلُها صامتةً تمامًا.



لمزيد من المعلومات انظر

إحداثُ الصَّوت وسَماعُه

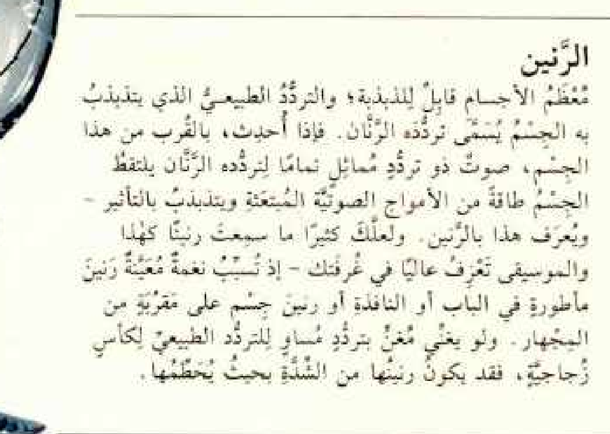
إذا كُنتَ فقدتَ صَوتَك مَرَّةً نتيجةَ زُكامٍ أو بُحَّةٍ شديدة، فلعَلَّكَ خَبَرْتَ صُعوبةَ إفهامِ النّاسِ مُرادَكَ بدونه؛ فالكلامُ هو وسيلةُ تواصُلِنا الرئيسيَّةُ معَهُم. عندما نتكَلَّمُ نُحدِثُ ذَبذباتٍ تنتَقِلُ في الهواءِ كأمواجٍ صوتيَّة تتحَوَّلُ في الأُذُنَين إلى أصواتٍ مُتَميِّزة. ورُغمَ أنَّ الأذنَ البشريَّةَ حسّاسةٌ لِلأصواتِ التي يَتَراوحُ تردُّدُ ذَبذباتِها بين ٢٠ وَ ٢٠ ألفَ هِرتز، فإنَّها أشَدُّ حساسيَّةً لِلأصواتِ التي يُقارِبُ تردُّدُها الألفَ هِرتز - وهو مَدى تردُّدِ الصوتِ في المُحادثةِ العاديَّة، مع أنَّ أصواتَنا قد تتضمَّنُ ذبذباتٍ تنخفضُ طبقتُها إلى ٥٠ هِرتز أو تعلو إلى ١٠ آلاف هِرتز. وكما نستخدمُ نحنُ أصواتَنا لِمُحادثةِ الناسِ الآخَرين، كذلكَ تَستخْدِمُ الحيواناتُ أصواتَها لِلتواصُلِ فيما بينَها، أو حتّى فيما بينَها وبيْننا.



إذا أتى الصَّوتُ من الجهةِ اليُمْنى، تصِلُ الأمواجُ الصوتيَّةُ إلى الأُذنِ اليُمنى بفارقِ جُزْءٍ من الثانيةِ قبلَ وُصولِها إلى الأُذُنِ اليُسْرى. وبذلك يُمكِنُنا تَعيينُ الجهةِ التي أتى منها الصوتُ.

إحْداثُ الصَّوت

تَنبَعِثُ أصواتُنا عندما نَدفَعُ الهواءَ بِقُوَّةٍ من الرئتَين عَبْرَ الأوتارِ الصوتيَّةِ في الحُلقوم، فتهتَزُّ هذه بالهواءِ المُندفِع. ونحنُ عندما نتكَلَّمُ أو نُغنّي، نُعَدِّلُ تَوَتُّرَ الأوتارِ الصوتيَّةِ بِاستِمرار، كما نُغَيِّرُ شكلَ الفَمِ وسُرعةَ الهواءِ المُنطلِق. فبهذه الطريقةِ نتحَكَّمُ في طبقةِ ونوعيَّةِ وجَهارةِ أصواتِنا.

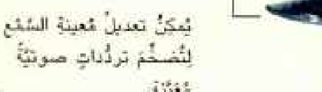


الرَّنين

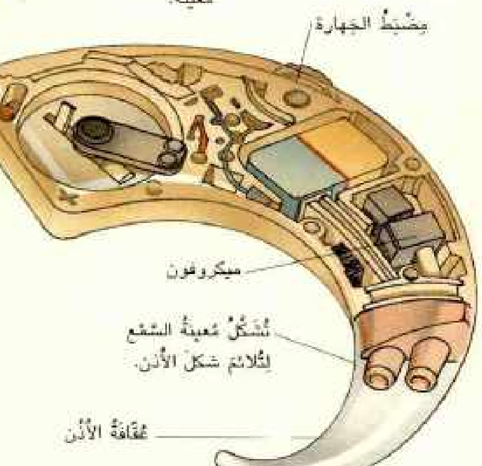
مُعْظَمُ الأجسامِ قابِلٌ لِلذبذبة؛ والتردُّدُ الطبيعيُّ الذي يتذبذَبُ به الجِسْمُ يُسَمّى تردُّدَه الرَّنّان. فإذا أُحدِثَ، بالقُربِ من هذا الجِسْم، صوتٌ ذو تردُّدٍ مُماثِلٍ تمامًا لِتردُّدِه الرَّنّان يلتقِطُ الجِسْمُ طاقةً من الأمواجِ الصوتيَّةِ المُنبَعِثة ويتذبذَبُ بالتأثيرِ - ويُعرَفُ هذا بالرَّنين. ولعلَّكَ كثيرًا ما سمعتَ رنينًا كهذا والموسيقى تَعزِفُ عاليًا في غُرفتِك - إذ تُسَبِّبُ نغمةٌ مُعيَّنةٌ رَنينَ مأطورةٍ في البابِ أو النافذةِ أو رنينَ جِسْمٍ على مَقرُبَةٍ من المِجْهار. ولو يغنّي مُغنٍّ بتردُّدٍ مُساوٍ لِلتردُّدِ الطبيعيِّ لِكأسٍ زُجاجيَّة، فقد يكونُ رنينُها من الشِّدَّةِ بحيثُ يُحَطِّمُها.

سَماعُ الصَّوت

الأمواجُ الصوتيَّةُ المُتجمِّعةُ في الأُذنِ الخارجيَّةِ تُسَبِّبُ ذبذبةً مُماثِلةً في طَبْلةِ الأذن. وتنتقِلُ هذه الذبذباتُ بواسطةِ ثلاثِ عُظَيماتٍ دقيقةٍ في الأذنِ المتوسِّطةِ إلى السّائلِ اللَّمفيِّ في قَوقَعةِ الأُذُنِ الداخليَّة؛ فيستثيرُ بذبذبتِه شُعَيراتِ الأعصابِ الدقيقة. وهذه الأعصابُ تُرسِلُ إشاراتٍ كهربائيَّةً إلى المُخِّ الذي يُمكِّنُنا من تمييزِ الصَّوت.



يُمكِنُ تعديلُ مُعينةِ السَّمْعِ لِتُضخِّمَ تردُّداتٍ صوتيَّةً مُعيَّنة.



الصَّمَم

فاقِدو السَّمْعِ جزئيًّا يُمكِنُ مُساعدتُهم بِاستخدامِ مُعينةِ سَمْع. وهي تتألَّفُ من ميكروفون ومُضخِّمٍ ومِجْهار - كُلُّها دقيقةٌ صُغرَيَّة. فالأصواتُ التي تصِلُ إلى الميكروفون تُضخَّمُ وتُغذّى إلى أُذنيَّةِ السَّماعة، فتُسْمَع.



ذبذبةُ الهواءِ في القَوارير

يُمكِنُكَ مُشاهدةُ وسَماعُ اختلافِ ذبذبةِ الكمّيّاتِ المُتباينةِ من الهواء، وإصدارِها أصواتًا مختلفةً، بالنفخِ عبْرَ فُوهاتِ بضعِ قواريرَ تحوي ماءً إلى ارتفاعاتٍ مختلفة. إنَّ نفخَك يجعلُ أعمدةَ الهواءِ في القواريرِ تهتَزُّ بتردُّدِها الرَّنينيّ؛ وتعتمدُ طبقةُ الصوتِ الناتج على طولِ عمودِ الهواءِ المُتذبذِب. لاحِظْ أنَّه كُلَّما قصُرَ عمودُ الهواءِ المتذبذِب تسارعَ ذبذبتُه وتعلو طبقةُ الصوتِ الصادرِ منه.



أصواتُ الحَيوانات

الحيواناتُ المختلفةُ تُصدِر مَدًى واسعًا من الأصوات؛ فبعضُ الضفادِعِ، رُغْمَ صِغَرِ حَجْمِها نِسبيًّا، تستطيعُ ابْتِعاثَ نَقيقٍ خفيضِ الطَبقةِ جدًّا بِنَفْخِ كيسٍ هوائيٍّ تحت الحُلْقوم حتّى يُقارِبَ حَجمُه حجمَها. ونُطْلِقُ القِرَدَةُ العَوّاءَةُ زَعيقًا يُعَدُّ من أكثرِ الأصواتِ جَهارةً في عالَم الحيوان - إذ إنّها تجعلُ فَجَواتٍ خاصَّةً بين العظام خَلْفَ المنخرَيْن تُعَزِّزُ زعيقَها بالرَّنين في عَضَفاتٍ هوائيّةٍ قويّة. أمّا الحشراتُ فعَديمةُ الصوت إذ لا رِئاتَ لها تنفُخُ لإحداثِ صَوت؛ لكنّ بعضَ الجَنادِبِ تُصدِرُ صَريرًا حادًّا بِحَكِّ أجنحتِها الأماميةِ الجِلْدِيّة.

يُمكِنُ سَماعُ زَعقاتِ القِرْدِ العَوّاءِ على مَسافةِ ١٦ كيلومترًا.

يتراوحُ تردُّدُ صَريرِ الجَنادِبِ بين ٧٠٠٠ و ١٠٠,٠٠٠ هِرتز

يتراوحُ تردُّدُ نَقيقِ الضَفادِعِ بين ٥٠ و ٨٠٠٠ هِرتز

يتراوحُ تردُّدُ زَعيقِ القِردةِ العَوّاءةِ بين ٤٠٠ و ٦٠٠ هِرتز

يتراوحُ تردُّدُ أصواتِ البَشرِ بين ٨٥ و ١١٠٠ هِرتز

المِجْهار

يُسَجَّلُ الصَّوتُ ويُسْتَعادُ بتحويلِهِ إلى إشاراتٍ كهربائيّة. فقَبْلَ الاستماعِ إلى أُسطوانةٍ أو شَريطٍ مُسَجَّلٍ أو إلى أُسطوانةٍ قُرصيّةٍ مُدْمَجة، لا بُدَّ من إعادةِ تحويلِ الإشاراتِ الكهربائيّةِ إلى أصواتٍ بواسطةِ مِجْهار. في المِجْهار يُغَذّى المِلَفُّ السِّلكيُّ، المُحاطُ بمَجالٍ مِغْنَطيسيّ، بالإشاراتِ الكهربائيّة؛ فتُسَبِّبُ هذه، بتغيُّرِها، ذَبذبةَ رِقِّ المِجْهارِ المخروطيِّ فيُوَلِّدُ صَوتًا.

يُصْنَعُ رِقُّ المِجْهارِ المَخروطيّ من الوَرَقِ أو اللدائن.

يتحرّكُ المِلَفُّ السِّلكيُّ مُتَساوِقًا مع الإشاراتِ الكهربائيّة.

يُوَلِّدُ المِغْنَطيسُ مَجالًا مِغْنَطيسيًّا.

مِجْهارٌ ذو مِلَفٍّ مُتَحرِّك

تستطيعُ الخَفافيشُ إحداثَ وسَماعَ تردُّداتٍ فوقَ سَمعيّة. فالصَّريرُ العالي الذي تُصدِرُهُ يرتدُّ عن الأشياء، فيُساعِدُها في تحديدِ مَواقعِ طَرائدِها (كالحشراتِ الطائرة مثلًا).

تستطيعُ الكلابُ سَماعَ الصَّفيرِ العالي التردُّدِ من صَفّاراتٍ خاصّةٍ لا يَسْمَعُها الإنسان.

تسمعُ الهِررةُ التردُّداتِ بين ٦٠ و ٦٥,٠٠٠ هِرتز

تسمعُ الخفافيشُ التردُّداتِ بين ١٠٠٠ و ١٢٠,٠٠٠ هِرتز

تسمعُ الكلابُ التردُّداتِ بين ١٥ و ٥٠,٠٠٠ هِرتز

يسمعُ الأولادُ التردُّداتِ بين ٢٠ و ٢٠,٠٠٠ هِرتز

مَدَى السَّمعِ في الحيوانات

مُعظَمُ الحيواناتِ يُمكِنُها سَماعُ تردُّداتٍ أكثَرَ مِمّا تُصدِرُه، ومُعظَمُها يُصدِرُ أصواتًا تتجاوزُ كثيرًا المَدى الذي يُمكِنُ للإنسانِ سَماعُه. يتغيّرُ مَدى تردُّداتِ السَّمْعِ عند الإنسانِ مع تقدُّمِهِ في السِّن. فالوَلَدُ يستطيعُ سَماعَ التردُّداتِ من ٢٠ إلى ٢٠,٠٠٠ هِرتز، فيما لا يستطيعُ شخصٌ في سِنِّ السِّتّين سَماعَ تردُّداتٍ تتجاوزُ ١٢٠٠٠ هِرتز.

يُصنَعُ الرِّقُّ من اللدائنِ أو من الرقائقِ المعدنيّة.

مِغْنَطيس

مِلَفٌّ سِلكيٌّ مُثبَّتٌ بالرِّقّ

الميكروفون

تُحَوِّلُ الأصواتَ إلى إشاراتٍ كهربائيّةٍ لِيُمكِنَ تَسجيلُها.

والميكروفون ذو المِلَفِّ المُتحرِّكِ يَستخدِمُ نِظامًا مُماثِلًا للمِجْهارِ ذي المِلَفِّ المُتحرِّك، لكنْ بترتيبٍ مَعكوس. فهو يَحوي مِلَفًّا سِلكيًّا مُثبَّتًا إلى قُرصٍ مَرِنٍ يتذبذَبُ مع الرِّقِّ بواسطةِ الأمواجِ الصوتيّة. ويُوَلِّدُ تحرُّكُ المِلَفِّ داخِلَ المجالِ المِغنطيسيِّ تيّارًا كهربائيًّا، يتراوحُ كتراوُحِ أمواجِ الصَّوت.

لمزيدٍ من المعلومات انْظُر

الاهْتِزازات ص ١٢٦

الكَهْرمِغْنَطيسيّة ص ١٥٦

مُقَوِّماتٌ إلكترونيّة ص ١٦٨

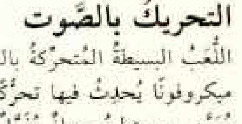
قِياسُ الصَّوت ص ١٨٠

انعِكاسُ الصَّوتِ وامتِصاصُه ص ١٨٤

الحَواس ص ٣٥٨

التحريكُ بالصَّوت

اللُّعَبُ البسيطةُ المُتحرِّكةُ بالصوت، كهٰذه النَّبْتةِ الدُّمْية، تحوي ميكروفونًا يُحدِثُ فيها تحرُّكًا عندما يَتَلَقّى أصواتًا فوقَ مُستوى تردُّدٍ مُعيَّن. ويستطيعُ جهازٌ مُفَعَّلٌ بالصوتِ أكثَرَ تطوُّرًا وتعقيدًا إعطاءَ المعلوماتِ عن حسابٍ مَصرِفيٍّ لأحدِ الزبائن عندما يُطلَبُ منه ذلك هاتفيًّا. إنّ تعرُّفَ الكلِماتِ الصادِرَةِ من أشخاصٍ مُختلفين أمرٌ صَعْبٌ جدًّا، لكنَّ الحواسيبَ التي تستجيبُ لأنماطٍ صوتيّةٍ فَرديّةٍ هي حاليًّا قيدَ التطويرِ للاستِعمالِ اليوميّ.





اِنْعِكاسُ الصَّوت وامتِصاصُه

هل تساءلْتَ مَرَّةً لِمَ يبدو صوتُك رَخيمًا رنّانًا حينَ تُغَنّي في غُرفةِ الحمّام؟ ذلكَ لأنَّ الأمواجَ الصوتيَّةَ تنعكِسُ على سُطوحِ الجُدرانِ المَليسَةِ الصُّلبةِ فترتَدُّ عنها تكرارًا كارْتِداد الكُرَةِ المَطّاطيَّةِ في مَلْعبِ السكواش الرباعيِّ الجُدْران. إنَّ اتِّجاهَ الأمواجِ الصوتيَّةِ يتغيَّرُ عند كُلِّ انعِكاسٍ، لكنَّ طبقةَ الصوتِ لا تتغيَّرُ. وانعكاساتُ الصوتِ أصداءٌ تُفيدُ في مجالاتٍ عديدةٍ إضافةً إلى كونِها عُنصرَ تسليةٍ. فقبْلَ أيامِ الرادارِ، كانَ البحّارةُ، عندما يحاصِرُهم الضَّبابُ، يُطلِقونَ نفيرًا خاصًّا اسمُه نفيرُ الضَّبابِ فيحدِّدونَ بُعدَهُم عن الصخورِ الخَطِرةِ بقياسِ الفارقِ الزمنيِّ بينَ صوتِ النفيرِ وسَماعِ انعِكاسِه. غيرَ أنَّ الأصواتَ لا تنعكِسُ دائمًا، فهي إنْ وقعَتْ على سطحٍ رِخْوٍ طَرِيٍّ، تُمْتَصُّ فلا ترْتَدُّ.

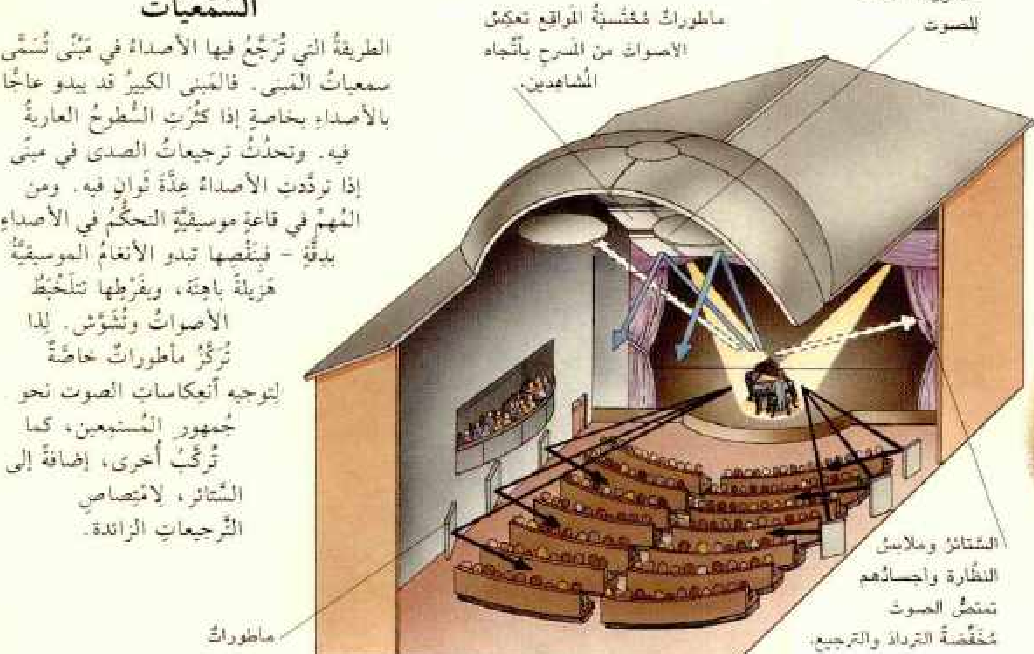


الأصداء

إذا وقفْتَ على بُعدٍ مُعيَّنٍ من جدارٍ وصِحْتَ أو صفَّقْتَ فسيرتَدُّ إليكَ انعِكاسُ الصوتِ صدًى بعدَ فترةٍ وجيزةٍ يعتمِدُ طولُها على مدى بُعدِكَ عن الجدار. فإذا كانتِ المسافةُ ٥٠ مترًا، فالصوتُ سيَقطَعُ مسافةَ ١٠٠ مترٍ ليعودَ صَداهُ إليك. فإذا قسمْتَ ١٠٠ مترٍ على الفاصِلِ الزمنيِّ بينَ إحداثِ الصوتِ وسَماعِ صَداه، تحصَلُ على سُرعةِ انتِقالِ الصوت.

السَّمعيّات

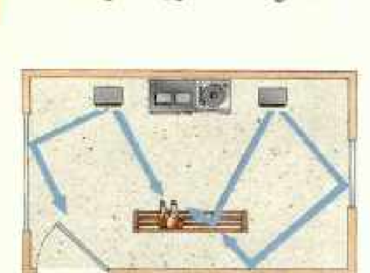
الطريقةُ التي تُرجَّعُ فيها الأصداءُ في مَبْنًى تُسمّى سمعيّاتُ المَبنى. فالمَبنى الكبيرُ قد يبدو عاجًّا بالأصداءِ بخاصةٍ إذا كثُرتِ السُّطوحُ العاريةُ فيه. وتحدُثُ ترجيعاتُ الصدى في مبنًى إذا تردَّدتِ الأصداءُ عِدَّةَ ثوانٍ فيه. ومن المُهِمِّ في قاعةٍ موسيقيَّةٍ التحكُّمُ في الأصداءِ بدقَّةٍ - فبِنَقصِها تبدو الأنغامُ الموسيقيَّةُ هزيلةً باهِتةً، وبفرْطِها تتلَخْبَطُ الأصواتُ وتُشَوَّش. لِذا تُركَّزُ ماطوراتٌ خاصَّةٌ لِتوجيهِ انعِكاساتِ الصوتِ نحو جُمهورِ المُستمِعين، كما تُركَّبُ أُخرى، إضافةً إلى السَّتائرِ، لامتِصاصِ التَّرجيعاتِ الزائدة.





غُرفةٌ لا صَدَويّة

الماطوراتُ الماصَّةُ للصوتِ في سَقْفِ وجُدرانِ النَّفقِ الهوائيِّ اللاصَدَويِّ تُخفِّضُ تردادَ الصوتِ وتَرجيعاتِه. وهذا يمكِّنُ العُلماءَ من قياسِ الضجيجِ الذي تُولِّدُه مِروحَةُ الطائرةِ الدائرةِ بدقَّة.



اِمتِصاصُ الصَّوت

السُّطوحُ الرِّخوةُ الطَّريّةُ تمتَصُّ طاقةَ الصوتِ كما يمتَصُّ الرَّمْلُ طاقةَ كُرةِ تضْرِبُه. في هذه الحُجرة، السَّجادةُ والسَّتائرُ والأريكةُ والنَّبْتةُ، جميعُها، تمتصُّ الطاقةَ الصوتيَّةَ فلا تردُّ أصداءً.

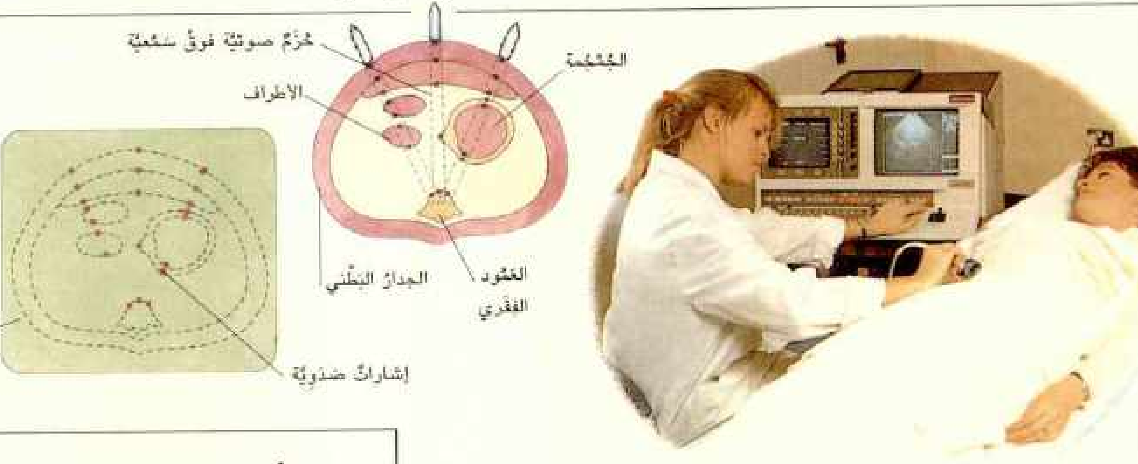
الصُّحونُ الصوتيَّةُ (العاكِسَة)

تُستخدَمُ صُحونٌ مُكافِئيَّةُ المَقطَعِ لِتجميعِ الصوتِ وتركيزِه. فالشكلُ الخاصُّ للصحنِ الصوتيِّ يعكِسُ الصوتَ الآتي بمُواجهتِه مُباشرةً ويُركِّزُه نحو الميكروفونِ المُثبَّتِ في وسَطِه. وهكذا يستقبِلُ الميكروفونُ طاقةً صوتيَّةً أكبر، فيمكِنُ به مثلًا تسجيلُ الأصواتِ الخفيضةِ مُستوى الشِّدَّةِ كتغريدِ بعضِ الطيور.



اِنعِكاسُ الصَّوت

تعكِسُ السُّطوحُ الصُّلْبةُ المَليسةُ طاقةَ الصَّوتِ كما ترتَدُّ كُرةٌ عن جدارٍ خَرَسانيّ. في هذه الحُجرةِ يرتَدُّ الصَّوتُ، الذي يبْعَثُه المِجهارانِ المُجَسِّمانِ، عن أرضيَّةِ الغرفةِ وجُدرانِها كما عن المَقعَدِ الخشبيّ.



التصويرُ بالصَّوت فوقَ السَّمْعيّ

تسجِّلُ أصداءُ الصَّوت فوقَ السَّمْعيّ كسلْسِلةٍ من النُّقَطِ المُتباينَةِ النُّصوعِ تبَعًا لِشدّةِ الصّدى المُستقبَل. هذه الصورةُ لجَنينٍ في رَحِمِ أُمِّهِ شكّلتْ حاسوبيًّا من مجموعة تَفْريسات.

الصوت فوقَ السَّمْعيّ

الأمواجُ الصوتيّة التي يَفوقُ تردُّدُها ٢٠ ألف هِرتْز لا تسمَعُها الأذُنُ البشريّة؛ والصوتُ النّاتِجُ عنها أو عن تردُّداتٍ أكبرَ منها هو صوتٌ فوق السَّمْعيّ. وتُستخدَمُ الأصواتُ فوقَ السَّمْعيّة في الطِّبِّ لأنّ أمواجَها، بخِلافِ الأشعةِ السِّينيّة، لا تُتلِفُ الأنسِجَةَ البشريّة. يُرسِلُ المِفْراسُ إلى داخِلِ الجِسْمِ أمواجًا فوقَ سمعيّةً تنعكِسُ عن الأعضاءِ المُختلفةِ، ويتلقّى انعِكاساتِها فيَعرِضُها صورةً على شاشتِه.

تحديدُ المواقعِ بالصَّدى

تَستخدِمُ الدّلافينُ تَردُّداتٍ فوقَ سمعيّة للتواصُل فيما بينَها ولتحديدِ مَواقعِ أسرابِ السَّمكِ والعوائقِ تحتَ الماء. فهي تُصدِرُ طقّاتٍ صوتيّةً عاليةً ترتَدُّ أصداؤها عن الأجسامِ التي تَعترِضُها مِمّا يُمكِّنُ الدّلافينَ من تحديدِ حَجْمِ وبُعْدِ تلك الأجسامِ في الماءِ حوالَيْها. وهذا النِّظامُ عظيمُ الفائدةِ بخاصّةٍ في الكشْفِ عن مُفترِساتٍ كَكِلابِ البَحْرِ (أي أسماك القِرْش) الخَطِرة.

تَصْدُرُ الطقّاتُ الصوتيّةُ من عضوٍ خاصٍّ في رأسِ الدُّلفين.

يُرسِلُ السُّونارُ، المُثبَّتُ تحتَ صالَبِ السّفينةِ، إلى أعماقِ الماءِ، أمواجًا صوتيّةً عاليةَ التردُّد.

يُستبانُ عُمْقُ الحُطام من الوقتِ الذي يستغرِقُه صدى الأمواجِ الصوتيّة المُنعكِسةِ عنه ليَرتَدَّ إلى السّفينة.

يعكِسُ حُطامُ السّفينةِ الصّوتَ أصداءً.

إختبارٌ لاإتلافيّ

المُقوّماتُ المُهمّةُ في الطائراتِ يَجِبُ أن تكونَ خاليةً من أيِّ خلَلٍ كامِن. فالشقوقُ الداخليّةُ الدقيقةُ، في مقوِّمٍ منها، قد تتّسِعُ فيتعطَّلُ أداؤه أثناءَ الطيران. لذا تُختبَرُ هذه المُقوِّماتُ اختبارًا لا إتلافيًّا يَستخدِمُ الصوتَ فوقَ السَّمْعيّ لاكتِشافِ أيِّ خلَلٍ دونَ إلحاقِ الضَّررِ بالمُقوِّمِ ذاتِه. فالنّبَضاتُ فوقَ السمعيّةُ المُنعكِسَةُ عن مثلِ هذه الشُّقوق، إنْ وُجِدتْ، تَظْهرُ في الصُّورِ فوقَ السمعيّةِ على الشاشة.



يُغمَرُ المُقوِّمُ المعدنيُّ في الماءِ الذي يعمَلُ كوَسَطٍ مُوصِّلٍ للصّوت.

صورةٌ على الشاشة

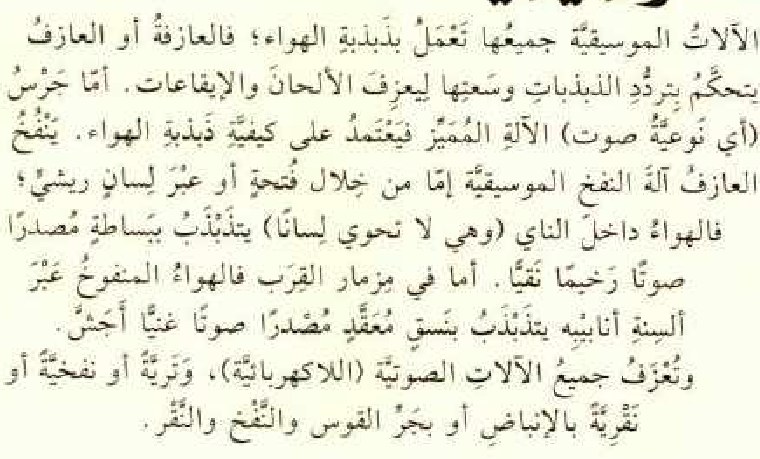
هذه الصورةُ لحُطامِ سفينةٍ تحتَ الماء تكوَّنتْ بتفرُّسِ (مَسْحِ) اتّجاهِ الأصداءِ الواردة؛ وتدريجيًّا ارتسمَتْ أنماطُ الأصداءِ صورةً على شاشةِ الحاسوب.

السَّبْرُ بالصَّدى

إثْرَ كارثةِ التِّيتَنيك عامَ ١٩١٢، حينَ أصطدمتْ السَّفينةُ بجَبَلٍ جليديٍّ في سَفرتِها البِكْر، قادَ العالِمُ الفرنسيُّ، بُول لانْجِفَن، مشاريعَ أبحاثٍ لِتطويرِ السُّونار. يَستخدِمُ جهازُ السُّونار أمواجًا فوقَ سَمْعيّةٍ لِتحديدِ مَواقِعِ جبالِ الجليدِ وأسرابِ السَّمكِ وحُطامِ السُّفُنِ أو الغوّاصات، ولِسَبْرِ أعماقِ البِحارِ أيضًا. فيُرسِلُ نَبضاتٍ صوتيّةً في اليَمّ، ويَرْصُدُ الأصداءَ المُرتَدّةَ عن أيِّ شيءٍ تحتَ الماء. وبقياسِ الفارِقِ الزمنيِّ بينَ إرسالِ النَّبْضةِ وأستِقبالِ صَداها، يمكِنُ احتِسابُ عُمقِ الشيءِ أو بُعدِه عن السَّفينة.

لمزيدٍ من المعلومات انظُر
الصَّوتُ والضَّوء ص ١٧٧
قِياسُ الصَّوت ص ١٨٠
إحداثُ الصَّوت وسَماعُه ص ١٨٢
اللَّبُونات ص ٣٣٤

الأصواتُ الموسيقيَّة



الآلاتُ الموسيقيَّة جميعُها تَعْمَلُ بذَبذَبةِ الهواء؛ فالعازفةُ أو العازفُ يتحكَّمُ بتردُّدِ الذبذباتِ وسَعتِها لِيعزِفَ الألحانَ والإيقاعات. أمّا جَرْسُ (أي نوعيَّةُ صوت) الآلةِ المُميَّز فيَعْتَمدُ على كيفيَّةِ ذَبذبةِ الهواء. يَنْفُخُ العازفُ آلةَ النفخِ الموسيقيَّة إمّا من خِلال فُتحةٍ أو عبْرَ لِسانٍ ريشيٍّ؛ فالهواءُ داخلَ الناي (وهي لا تحوي لِسانًا) يتذَبْذَبُ ببَساطةٍ مُصدرًا صوتًا رَخيمًا نَقيًّا. أما في مِزمار القِرَب فالهواءُ المنفوخُ عَبْرَ ألسِنةِ أنابيبِه يتذَبْذَبُ بنَسقٍ مُعقَّدٍ مُصْدرًا صوتًا غنيًّا أجَشّ. وتُعزَفُ جميعُ الآلاتِ الصوتيَّة (اللاكهربائيَّة)، وَتَريَّةً أو نفخيَّةً أو نَقْريَّةً بالإنباضِ أو بجَرِّ القوسِ والنَّفْخِ والنَّقْر.



البيانو

تَدُقُّ أوتارَ البيانو المعدنيَّةَ بِمَطارقَ تُشغِّلُها المفاتيحُ (أصابعُ العَزْفِ المُتحرِّكة). ويستطيعُ العازفُ (أو العازفةُ) ضغْطَ عِدَّةِ مفاتيحَ مَعًا لِيعزفَ توليفاتٍ نَغميَّة. بعضُ التوليفاتِ عَذْبٌ سَماعُه وبَعْضُها قد يكونُ نَشازًا. وسِرُّ العَزْفِ الناجحِ هو في مَزْجِ الأنغامِ في توليفاتٍ موسيقيَّةٍ متوافِقة (هارمونيَّة).

التوافُقيّاتُ الوتَريّة

عُقْدةٌ مَوجيّة　بَطْنٌ مَوجيّ　عُقْدةٌ مَوجيّة

التوافقيَّةُ الأساسيَّة

التوافقيَّةُ الثانية

التوافقيَّةُ الثالثة

التوافُقيّاتُ هي التردُّداتُ المُختلفةُ التي يُمكنُ للشيءِ أن يتذبذبَ بها. فالوترُ المشدودُ بين دعامتين يستطيعُ التذبذبَ بحيث يتلاءمُ عددٌ مُتباينٌ من الأطوال المَوجيَّةِ على امتداده. فالمَوجةُ ذاتُ الطول المَوجيِّ الأكثرِ هي الأساسيَّة؛ والذبذباتُ الأُخرى هي ذاتُ أطوالٍ مَوجيَّةٍ أقلَّ وتردُّداتٍ أعلى. وتُعرَفُ هذه السِّلْسلةُ المتواليَةُ من التردُّدات بالتوافُقيّات. ونسبةُ التوافقيات المُختلفةِ هي التي تُكسِبُ الآلةَ الموسيقيَّةَ صوتَها المُميَّز.

الأنابيبُ المِزْماريّة

يَتذبذبُ عمودُ الهواءِ داخلَ الأنبوبِ تخَلْخُلًا وتضاغُطًا؛ وتَنْعدِمُ حركةُ الهواءِ عند وَسَطِ العمودِ حيثُ العُقدةُ المَوجيَّة. وتكونُ ذبذبةُ الهواءِ على أقصاها عِنْدَ طرَفَي العمودِ حيثُ بَطْنا المَوجة.

الأنابيبُ القصيرةُ تُصدِرُ نغماتٍ عاليةَ الطبقة.

بَطنانِ مَوجيّانِ عند طرَفَي الأنبوبِ المفتوحِ حيثُ حركةُ الهواءِ القُصوى.

الهواءُ لا يتحرَّكُ عند عُقْدةٍ مَوجيّة

الأنابيبُ الطويلةُ تُصدِرُ نغماتٍ خفيضةَ الطبقة.

يتغيَّرُ توتُّرُ الوترِ بتدويرِ المِلْوَى.

يُمكنُ تقصيرُ (تقسيم) الوترِ بالضغطِ على الأعتابِ (الدَّساتين).

السِّتار

كُلُّ وترٍ في الآلةِ الوَتَريَّةِ يتذبذبُ بتردُّدِه الطبيعيِّ الخاصّ. ويُمكنُ زيادةُ تردُّدِ الوترِ إمّا بتقصيرِ طولِه أو بزيادةِ توتُّرِه أو باستخدامِ وترٍ أخفّ. وفي العَديدِ من الآلاتِ الوَتريَّةِ تَنْتقِلُ ذبذباتُ الأوتارِ إلى جِسْمِ الآلةِ الأجْوفِ - الذي يُعزِّزُ برَنينِه الأنغامَ ويُضخِّمُها.



البُوق

يُذبذِبُ عازفُ البُوقِ شَفتَيْه لإحداثِ الرَّنينِ في الهواءِ داخلَ البُوق. ويستطيعُ عازفُ البوقِ إصدارَ نغماتٍ مُختلفةٍ بتغييرِ توتُّرِ شَفتَيْه وبفتحِ وغَلْقِ صِماماتٍ تُغيِّرُ طولَ الأنبوبِ (وعمودِ الهواءِ فيه). أعمدةُ الهواءِ الطويلةُ أبطأُ ذبذبةً من الأعمدةِ القصيرةِ وتُصدِرُ نغماتٍ أخفضَ طبقةً. وبتشديدِ النَّفْخِ ترتفعُ جهارةُ الصَّوت.

الجَوقة الموسيقيَّة (الأوركسْترا)

إنَّ توليفَ الأنغام المُختلِفةِ الطبقة من آلاتٍ وَتريّةٍ وآلاتِ نَفخٍ ونَقرٍ في الأوركسترا يُنتِجُ تنَوُّعًا ضخمًا من التوافُقيَّات والجَرْسِ المُتميِّز. وهو توليفٌ مُخطَّطٌ ومَدروسٌ بعناية - فكُلُّ مجموعةٍ (أو وَحدةٍ) من الآلات لها دَورُها الخاصُّ في أداءِ القِطعة الموسيقيَّة. والجَوقةُ الموسيقيَّةُ قد تَعزِفُ بنعومةٍ ورِقَّةٍ بالكادِ تُسمَعُ؛ لكن عِندما يُشارِكُ أفرادُ الفِرقةِ جميعُهم في العزفِ عاليًا، فإنَّ مُستوى الصوتِ قد يبلغُ ١٠٠ ديسيبل.

وحدةُ آلاتِ النَّقرِ تَعزِفُ أحيانًا عِدَّةَ آلاتٍ في أداءٍ واحد.

وَحدة الآلاتِ النُّحاسيَّة تَضُمُّ الأبواقَ على أنواعها؛ (من أبواقٍ وترُمْبُونات وتيوبات)

تُنْبَضُ أوتارُ القيثارِ للعَزف.

أوتارُ الكَمان والقِيُولات تُصدِرُ الأصواتَ بجَرِّ القوسِ عليها أو بإنباضِها.

وَحدةُ آلاتِ النَّفخِ الخشبيَّةِ تضُمُّ الصّرنايات (الكلارينيتات) المُفردةَ ريشةِ اللسان والمزاميرَ والباسونات (الزَّماخِر) المُزدوجةَ ريشةِ اللسان والنايات العديمةَ اللسان.

قائدُ الأوركسترا يَضْبطُ الإيقاعَ بعَصاهُ وبتوجيه الإشاراتِ إلى العازفِ المُختصّ شخصيًّا.

الآلاتُ الوَتريَّةُ الكبيرة، كالتْشيللو والكمان المُزدوج (الدّبل باز)، تُصدِرُ أخفضَ الأصواتِ طبقةً.

السُّلَّم المُوسيقيّ

السُّلَّمُ الموسيقيّ مُتواليةُ أنغامٍ تتَزايد تردُّداتُها تدريجيًّا بنسَقٍ طَبيعيٍّ عَذْب. النّغمةُ الأخيرةُ في أعلى السُّلَّم ذاتُ تردُّدٍ يُعادِلُ تمامًا ضِعفَ تردُّدِ النّغمة الأولى في أسفلِه. النغمتان اللتان تردُّدُ إحداهُما ضِعفُ تردُّدِ الأخرى نقولُ إنَّه يَفصِلُ بينهما جوابٌ (ثُمانيَّةُ نَغم).

١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨

جوابٌ (ثُمانيَّةُ نَغم)

٢٦٢ ٢٩٤ ٣٣٠ ٣٤٩ ٣٩٢ ٤٤٠ ٤٩٤ ٥٢٤

كُلُّ نَغمةٍ في سُلّمٍ موسيقيّ هي تَردُّدٌ صوتيٌّ مُعيَّن.

فيثاغُورُس

PYTACORA

PHYLOLAVS

كان الفيلسوفُ والرّياضيُّ الإغريقيّ، فيثاغورُس (٥٨٢ - ٥٠٠ق.م) يعتقِد بإمكانيَّةِ التعبيرِ عن الجمالِ والأنغام عَدديًّا. وقد عرَفَ العلاقةَ الرياضيَّةَ بين طبقةِ الصوت وطُولِ الوَتَر أو الأنبوب، أو حَجمِ الجَرَس الذي يُصدِرُها. ووَجدَ أنَّ تقصيرَ الوَتَرِ إلى نِصفِه يُضاعِفُ تردُّدَ ذَبذَبتِه الأساسيَّةِ ويزيدُ طبقةَ النغم جَوابًا (ثُمانيَّةَ نَغمٍ).

قَرْعُ الطبول

اللَّحْنُ والإيقاعُ المُنتظِمانِ من آلاتِ النَّقر، كالطبول، يُضْفِيانِ على الموسيقى مِزاجًا شامِلًا. يهتزُّ جِلدُ الطبلِ بالقَرْع، ويجبُ ضَبْطُ القَرْعِ بالشِّدة اللّازمة تمامًا لجَعْلِ الآلةِ تتذبذَبُ بالشكلِ الصحيح. الجِلْدُ المَشدودُ أكثرَ يُصدِرُ طبقةً صوتيَّةً أعلى، كما الوَتَرُ الأشدُّ توتُّرًا يُصدِرُ نَغْمَةً أعلى.

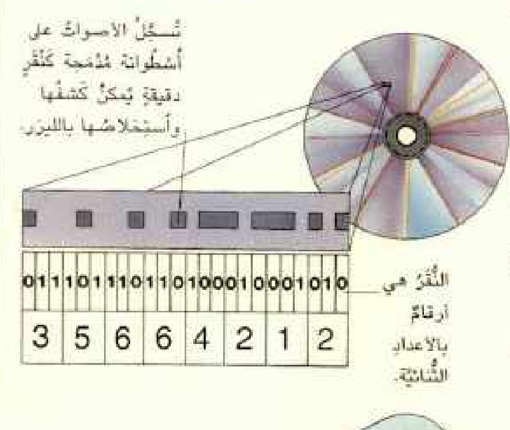


الجِلْدُ المَشدود يُصدِرُ صوتًا عاليَ الطبقة؛ بينما يُصدِرُ الجِلْدُ الرّاخي صوتًا خفيضَ الطبقة.

لمزيد من المعلومات انْظُر

تَسْجيلُ الصَّوت

كما الكلماتُ المكتوبةُ على الورق تُقرأ مِرارًا وتَكْرارًا، كذلكَ الأصواتُ يمكِنُ تسجيلُها واستِعادَتُها مَرَّةً بعدَ أخرى. التسجيلاتُ الصوتيَّةُ كُلُّها تَخْتزِنُ الأصواتَ بِاستِنساخِ تموُّجاتِها. هنالكَ نَوعانِ من التسجيلِ الصوتيِّ: النَّظيريّ والرقميّ. في التسجيلاتِ النظيريَّةِ تُختَزنُ أنماطُ الأمواجِ الصوتيَّةِ كخَطٍّ مُتَموِّجٍ يُحَزُّ على أُسْطوانةٍ، أو كأنماطٍ مِغنطيسيَّةٍ على شَريط. أما التسجيلاتُ الرَّقميَّةُ فتُحوِّلُ فيها أنماطُ الأمواجِ الصوتيَّةِ إلى أرقامٍ تُوَضِّعُ مواقِعَ كافَّةِ النقاطِ على الموجةِ الصوتيةِ قَبْلَ تَسجيلِها. وتُخْتزَنُ هذه الأرقامُ كنُقَرٍ دقيقةٍ على أُسْطوانةٍ مُدْمَجةٍ أو كأنماطٍ مغنطيسيَّةٍ على شريطٍ سَمْعيٍّ رَقميّ، ثُمَّ يُعادُ تحويلُها إلى صوتٍ بِمُعالِجٍ صُغْرِيٍّ رُقاقي.



تُسجَّلُ الأصواتُ على أُسْطوانةٍ مُدْمجةٍ كنُقَرٍ دقيقةٍ يُمكِنُ كشفُها واستِخلاصُها بالليزر.

النُّقَرُ هي أرقامٌ بالأعدادِ الثُّنائيَّة.

التَّسجيلُ الرَّقْميّ

يُسجَّلُ الصَّوتُ نُقَرًا دقيقةً تُكبَسُ على سطحِ أُسْطوانةٍ مُدْمجةٍ مُستوية. هذه النُّقَرُ هي أرقامٌ بالأعدادِ الثُّنائيَّة، كُلٌّ منها قِياسٌ لِعُلُوِّ الموجةِ الصوتيَّةِ في لَحظةٍ مُعيَّنة. عندَ تدويمِ الأسطوانة، تَمْسَحُ حُزمةُ المِعْزَقةِ سَطْحَها، وإذ تسقُطُ الحُزمةُ على جُزْءٍ مُسَطَّحٍ منها تنعكِسُ الحُزمةُ نحو مُكشافٍ ضوئيّ، يُحوِّلُ الضوءَ إلى نَبَضاتٍ كهربائيَّة؛ لكنْ إذا وقعَتِ الحُزمةُ على نُقْرةٍ، فإنَّها تنعكِسُ بعيدًا.

التسجيلاتُ الرقميَّةُ لا تُعاني من الهَسيسِ كتسجيلاتِ الأشرِطة، ولا من الخُدوشِ كتسجيلاتِ الأسْطوانات.

يُمكِنُ تَسجيلُ الأمواجِ الصوتيَّةِ كسِلْسِلةٍ رقميَّة؛ كُلُّ رَقْمٍ يُحدِّدُ عُلُوَّ الموجةِ الصوتيَّةِ في لَحظةٍ مُعيَّنة.

٣ ٥ ٦ ٦ ٤ ٢ ١ ٢



يُغذَّى رأسُ التَّسجيلِ بالإشاراتِ الكهربائيَّةِ من الميكروفون، فيُرَتِّبُ مَجالُه المِغْنَطيسيُّ الجُسَيماتِ في نَمَطٍ مُعيَّن.

التَّسجيلُ الشريطيّ

شريطُ التَّسجيلِ داخلَ الحافظة (الكاسيت) مُغَطًّى بطبقةِ أُكسيدٍ تحوي فِلِزَّاتٍ مِغْنطيسيَّة. ففي شريطٍ غُفْلٍ تتَّجِهُ الجُسَيماتُ المغنطيسيَّةُ عشْوائيًّا، لكنَّها بعدَ تسجيلِ الصوتِ تتَّخِذُ نَمَطًا يتساوَقُ مع الصوتِ المُسَجَّل.

الأُسْطُوانات

تهتزُّ إبرةُ مِعْزَقةِ الأسطواناتِ (الفونوغراف) أثناءَ مَسيرِها في حَزِّ الأُسْطوانة تَبَعًا لِنَمَطِ الأمواجِ الصوتيَّةِ المُسجَّلةِ عليها. وهذه الاهتزازاتُ تستثيرُ إشاراتٍ كهربائيَّةً في رأسِ اللاقِط. في الأسْطواناتِ المُجَسَّمةِ تتبايَنُ الأنماطُ قليلًا على جانِبَي الحَزِّ فتَخْرُجُ الأصواتُ المختلفةُ من المِجهارَيْنِ الأيْمَنِ والأيسَر (مُجَسَّمة).

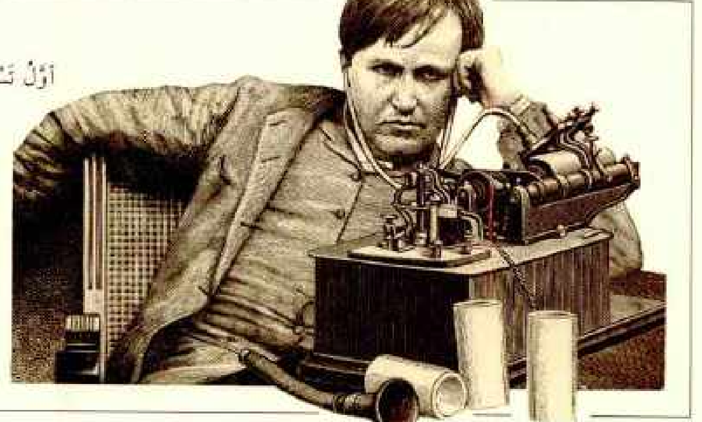


ستوديو التَّسجيل

تجري التسجيلاتُ بِمَزْجِ (وتَوليفِ) الأصواتِ من الآلاتِ المُختلفةِ والمُغنِّين، وليسَ من الضروريِّ تسجيلُ كلِّ شيءٍ دُفْعةً واحدة - إذ يستطيعُ مُهندسُ الصوتِ إضافةَ الأصواتِ واحدًا فوقَ الآخر. فهو يُوجِّه عمليةَ المَزْجِ بتحريكِ مَقاليدَ انزلاقيَّةٍ على نَضَدِ التوليف.

تَسْري إبرةُ المِعْزَقةِ في الحَزّ.

الحَزُّ طولُهُ ٤٠٠ مِترٍ وأكثرَ!



تُوماس إديسُون

أوَّلُ تَسجيلٍ صوتيٍّ كان عام ١٨٧٧، أجراهُ تُوماس إديسُون (١٨٤٧-١٩٣١) لِكلماتِ إحدى أناشيدِ الأطفالِ سجَّلها بصوتِه على فونُوغرافِه. وقد أُجرِيَ هذا التَّسجيلُ بِخَدْشِ حَزٍّ في أُسْطوانةٍ شَمْعيَّة. ولم يكُنْ فونُوغراف إديسُون يعملُ كهربائيًّا، بل اعتمدَ فقطْ على الاهتزازاتِ الميكانيكيَّةِ لِلإبرةِ في تَسجيلِ الأصواتِ واسْتِعادَتِها.

لمزيدٍ من المعلومات انظر

أشباهُ الفِلِزَّات ص ٣٩
المِغْنَطيسيَّة ص ١٥٤
الكَهْرَمِغْنَطيسيَّة ص ١٥٦
الأصواتُ الإلكترونيَّة ص ١٨٩

الأصواتُ الإلِكترونيَّة

جميعُ الأصواتِ المعروفةِ، بما فيها الصوتُ البشَريُّ، يُمكنُ إحداثُها إلكترونيًّا بتِقْنيّاتِ الأصواتِ الرَّقميَّة. وتستطيعُ الآلاتُ الإلكترونيَّةُ أيضًا تخليقَ أصواتٍ جديدةٍ بالكامِل. فالآلاتُ الصوتيَّةُ يُمكِنُ أن يُستبدلَ بها أصواتٌ مُخلَّقةٌ أو عيِّناتٌ صَوتيَّةٌ تُعزَفُ إقبالًا أو إدبارًا أو بطبقةٍ مختلِفَةٍ أو يُمكِنُ مُعالجتُها حاسوبيًّا بأساليبَ مُتنوِّعةٍ. كما يُمكِنُ أيضًا إضافةُ الأصداءِ والترجيعاتِ إلى الأصوات إلكترونيًّا. والواقعُ إنَّه من المُمكِنِ لِشَخصٍ يعملُ بِمُفْرَدِه على لَوحةِ مفاتيحَ وحاسوبٍ، في غُرفةٍ صغيرة، أن يُخلِّقَ أصواتَ أوركِسترا بكامِلها.



المُؤثِّراتُ الخاصَّة

يَتِمُّ تأليفُ الموسيقى الإلِكترونيَّةِ والتأثيراتِ المُرافِقة، للإذاعة والتلفزة، في مَشْغَلٍ راديوفونيٍّ. في بداياتِ البَثِّ الإذاعيِّ، كانتْ أصواتُ الرَّعْدِ مثلًا، تُنتَجُ بهَزْهَزةِ صفائحَ مَعدِنيَّةٍ كبيرة؛ وأصواتُ وَقْعِ حوافِرِ الخَيلِ بالنَّقْرِ على قشورِ جوزِ الهند. أمّا اليومَ، فيُمكِنُ تخليقُ هٰذه الأصواتِ إلكترونيًّا.

الجيتارُ الكهربائي

الصوتُ الذي يُحدِثُه الجيتارُ الكهربائيُّ بذاتِه ضَئيلٌ نِسبيًّا، لكِنَّه بالكهرباءِ يُعزَّزُ ويُضخَّمُ. فإنباضُ الأوتارِ المعدنيَّةِ يَهُزُّها، وتتحوَّلُ هذه الذبذباتُ إلى إشاراتٍ كهربائيَّةٍ صغيرةٍ في اللاقطات تحت الأوتار. وهذه الذبذباتُ بِدَورِها تُضخَّمُ وتُعالَجُ لِجَعلِ صوتِ الجيتارِ واضِحًا أو ضَبابيًّا، عَذبًا ناعِمًا أو أجَشَّ خَشِنًا.

الأصواتُ المُولَّفة

المُولِّفةُ آلةٌ موسيقيَّةٌ تُخلِّقُ الأصواتَ إلكترونيًّا. المُولِّفة التي صَمَّمَها المهندسُ الأمريكي روبِرت مُوغ في الخمسينيّات، كانت تَعزِفُ نَغمةً واحِدةً في كُلِّ مَرَّة، أمّا المُولِّفاتُ الرَّقْميَّةُ الحديثةُ فبإمكانها إنتاجُ ترتيباتٍ مُعَقَّدةٍ جِدًّا من الأصوات. فالبروفسور ستيفن هُوكِنغ، الذي لا يَستطيعُ التكلُّم، يتواصَلُ مع الناس مُستخدِمًا حاسوبًا يُخلِّقُ الكلمات.

تُدخَلُ الكلماتُ إلى الحاسوبِ عَبْرَ لَوحةِ المفاتيح – فيُنطَقُ بها بصوتٍ مُؤلَّف.

حاسوب

بواسطةِ وُصْلةِ بِنْيَةٍ رَقْميَّةٍ للآلاتِ الموسيقيَّة، يمكنُ برمجةُ حاسوبٍ ليضبطَ الأصواتَ التي تنتجُها الآلاتُ الإلكترونيَّة.

لَوحةُ المفاتيح

مَكِنَةُ الطُّبول

البِنْيَةُ الرَّقْميَّةُ للآلات الموسيقيَّة (مَنظومة مِيدي)

هٰذه المَنظومةُ الرقميَّةُ بينَ الآلاتِ الموسيقيَّة تُمكِّنُ الحاسوبَ من استِثارةِ الآلاتِ المُختلِفةِ، كلوحاتِ المفاتيحِ ومَكِناتِ الطُّبول، إلى العمَلِ لِتُصْدِرَ الأصواتَ معًا أو على التوالي. وهٰذا يَعني أنَّ المُؤلِّفَ الموسيقيَّ، باستِخدامِه هذه المنظومة، يستطيعُ وَضْعَ موسيقى الأفلامِ السينمائيَّةِ والتلفزيونيَّةِ والأغاني الشعبيَّة – دونَ حاجةٍ إلى الاستِعانةِ بِجَوقةٍ موسيقيَّةٍ أو أوركِسْترا.

إختيارُ النماذِج

يُسجِّلُ مُنتقي النماذِجِ الأصواتَ الطبيعيَّةَ ويَختزِنُها رَقْميًّا. وعند الاستِعادة، يمكِنُ تبديلُ الأرقامِ لتغييرِ تردُّداتِ الصَّوتِ الأصليِّ وبالتالي طبقَتِه. وهكذا يستطيعُ مُنتقي النماذِجِ تركيبَ سُلَّمٍ موسيقيٍّ حتّى من صوتِ كلبٍ يَنْبَحُ.

يُلتقَطُ الصَّوتُ بمِيكروفون.

تُختزَنُ الأصواتُ رقميًّا في مُنتقي النماذِج.

يُستَعادُ الصَّوتُ بواسطةِ لَوحةِ المفاتيح.

لمزيد من المعلومات انظر

الحواسيب ص ١٧٣
قِياسُ الصَّوت ص ١٨٠
إنعِكاسُ الصَّوت وامتِصاصُه ص ١٨٤
الأصواتُ الموسيقيَّة ص ١٨٦
تَسجيلُ الصَّوت ص ١٨٨

الضَّوء

ما هو الضَّوء؟ إنَّه شيءٌ نَراهُ ونُفيدُ مِنه يوميًّا، لكنَّه قَلَّما يُشْغِلُ تفكيرَنا. وهو شكلٌ من أشكالِ الطاقة؛ فطاقةُ الشَّمْس هي مصدرُ القُدرة لِمُختلِفِ الكائنات الحيَّةِ على الأرض. يَسْري الضَّوءُ بسُرعة فائقةٍ جدًّا؛ فما أن تفتَحَ مِقلادَ المِصباحِ الكهربائيّ حتى يَغْمُرَ الضوءُ المكانَ، إذْ يَسْري الضَّوءُ بسُرعة ٣٠٠،٠٠٠ كيلومتر في الثانية؛ وهي السُّرعةُ الحدِّيةُ القُصوى في الكون، ولا شيءَ يستطيعُ تجاوزَها. أحيانًا يظهَرُ الضوءُ كأنَّهُ ذو طبيعةٍ مَوجيَّة؛ لكنَّه، بخلافِ أمواجِ الصوت والماء، يَنتقِلُ في الفراغِ أيضًا؛ وأحيانًا يبدو الضوءُ وكأنَّه دَفْقٌ من الجُسَيمات. ينبعِثُ الضوءُ عادةً من الأجسام السَّاخِنة - كالشَّمْس واللَّهب، لكنْ يُمكِنُ توليدُه بطُرقٍ أُخرى أيضًا. فالكهرباءُ تَبْتَعِثُ الضوءَ وكذلك بعضُ التفاعُلات الكيماويَّة - كتِلك التي تَحْدُثُ في الحُباحِب فتَجْعَلُها تتوهَّجُ في الظُّلْمة.

الطاقةُ الضوئيَّة

يُمكِنُك تَحَسُّسُ الطاقةِ الضوئيَّة وأنت تتشمَّس. فضوءُ الشَّمْسِ يُدفِئُ جِسْمَك ويُحدِثُ في جِلدك تفاعُلاتٍ كيماويَّة تَسْفَعُه وتَلْفَحه. إنَّ كمِّيَّةَ الضوءِ الساقِط على مترٍ مُربَّعٍ واحدٍ من سَطح الأرضِ يُمكِنُها تشغيلُ عَشْرةِ مصابيحَ كهربائيَّة. ومَحَطَّاتُ القُدرة الشَّمْسيَّة تُسَخِّرُ هذه الطاقة بأستخدام مَرايا لِتركيزِ أشِعَّةِ الشَّمْس في مُسْتَقبِلٍ مركزيٍّ يُحَوِّلُ الماءَ إلى بُخار؛ وهذا بِدورِه يُسْتخدَمُ في توليد الكهرباء.

الأجسامُ الساخنة، كفتيلةِ هذا المصباح المُتوهِّجة، تبتعِثُ ضوءًا.

وأحيانًا يبدو الضوءُ وكأنَّه دَفْقٌ من الجُسَيمات.

يبدو الضوءُ أحيانًا كأنَّه يَسري بأمواجٍ مُستعرِضة.

مِرآة

تنعكسُ حُزْمةُ الليزَر على المِرآة كما ترتدُّ كُرَةُ البِليار من حافةِ الطاولة.

ضوءُ حُزْمةِ الليزَر، في الفراغ، يَسري بخطٍّ مُستقيم.

جُسَيميُّ الطبيعةِ أم مَوجيُّها؟

إعتقدَ إسحٰقُ نيُوتن (١٦٤٢-١٧٢٧) أنَّ الضَّوءَ يتألَّفُ من جُسَيمات مِجهريَّةٍ تُشْبِهُ كُراتِ البِليار الدقيقة. فيما اقترحَ الرياضيُّ الهولَنديّ، كريستيان هيجِنْز (١٦٢٩-١٦٩٥) أنَّ الضَّوءَ حَرَكةٌ مَوجيَّةٌ كأمواجِ الصوت أو الماء. أمَّا نظريَّةُ الكَمّ الحديثةُ فتُعَلِّلُ خواصَّ الضوءِ المَوجيَّة، في بعضِ الحالات، وخواصَّه الجُسَيميَّةَ في حالاتٍ أُخرى بطَبيعتِه المُزدوجة.

الانعكاسُ والانكسار

يسري الضَّوءُ في الفراغ بخطٍّ مُستقيم، لكنَّه ينحرِفُ، مُغيِّرًا اتِّجاهَه، عندما ينتقِلُ من وَسَطٍ شفَّافٍ إلى آخر. بعضُ السطوح، كالمرايا، يَعكِسُ الضَّوءَ كما ترتدُّ الكُرَةُ من سَطحٍ صُلْب. أمَّا الموادُّ الأُخرى، كالماءِ والزُّجاج، فتَكسِرُ الحُزَمَ الضوئيَّة، مُبَطِّئةً سُرعتَها ومُغيِّرةً اتِّجاهَها قليلًا، عند انتقالِها إليها من الهواء.

تنكسِرُ حُزْمةُ الليزَر عند التِقائها كُتلةً زجاجيَّة، فينحرِفُ مسارُها عندَ انتقالِها من الهواءِ إلى الزُّجاج.

الظَّاهِرةُ الكَهْرضَوئيَّة

أشِعَّةُ الضوء السَّاقطةُ على فلزٍّ، ذي خاصِّيَّةٍ كهرضوئيَّةٍ، تبتعِثُ بعضَ الإلكترونات من ذرّاتِ ذلك الفِلزّ. وتُستخدَمُ هذه الظاهرةُ الكهرضوئيَّةُ في الخلايا الشَّمسيَّةِ التي تُمِدُّ الحاسبةَ الإلكترونيَّةَ الشمسيَّةَ بكهرباءَ تُولِّدُها من الضوء. إنَّ زيادةَ شِدَّةِ الضَّوء لا تزيدُ سُرعةَ الإلكترونات المُبتعثَة، بل تزيدُ عددَها. وذلك يُمكِنُ تعليلُه فقط بٱعتبارِ الضَّوءِ رِزَمًا صغيرةً من الطاقةِ الضوئيَّةِ تُدعى فُوتُونات. فعندما يَصْدِمُ الفوتونُ ذرَّةً تنتقِلُ طاقتُه إلى أحدِ إلكتروناتِ الذرَّة فينطلِقُ، مبتعثًا، منها. وبٱزديادِ الفوتُونات تزدادُ الإلكتروناتُ المُبتَعثةُ (المنطلِقَةُ) من الذرَّة.



تنتقِلُ طاقةُ الفوتُون إلى إلكترونٍ في ذرَّة السِّليكون؛ فينطلِقُ منها، وقد يَنْضمُّ إلى غيره من الإلكترونات المُبتعثة في الحاسبة مُكوِّنًا تيّارًا كهربائيًّا يُشغِّلُها ويُنيرُ أرقامَها.

نَظريَّةُ الكَمّ

الفيزيائيُّ الألمانيّ، ماكْسْ بلانك (١٨٥٨-١٩٤٧)، كان أوَّلَ مَن ٱرتأى أنَّ الضوءَ ليسَ مَوجيَّ الطبيعة فقط ولا جُسَيميَّ الطبيعة فقط، بل إنَّ له خصائصَ الطبيعتَين. وقد وسَّعَ ألبِرْتْ أينشتَين هذه النظريَّةَ فيما بَعْدُ - مُعتبرًا ٱنعكاسَ الضوءِ وٱنكسارَه وٱنعراجَه، مَظهرًا لِطبيعتِه المَوجيَّة بتردُّداتٍ وأطوالٍ مَوجيَّة، كأمواج الصَّوت. أما ظاهرةُ ٱبتعاثِ الذرّات وٱمتصاصِها للضوءِ فمَظْهَرٌ لِكونِ الضوءِ دَفقًا من الجُسَيمات تُعرَفُ بالفُوتُونات؛ كُلٌّ منها يحملُ كمّيَّةً مُعيَّنةً من الطاقة. وهٰذا هُو مُجْمَلُ نظريَّةِ الكَمّ.

تتلقَّى الذرَّةُ طاقةً «تستثير» أحدَ إلكتروناتِها لِيَقْفِزَ إلى مُستوًى طاقيٍّ أعلى.

عندما يعودُ الإلكترونُ المُستثارُ ثانيةً إلى مُستواهُ الطاقيِّ الأصليّ، يُبْتعَثُ فوتونٌ من الضَّوء.

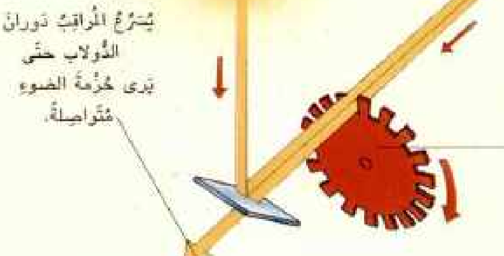
الحُيُودُ والتَّداخُل

إذا عَبَرت الحُزمةُ الضوئيَّةُ ثَقْبًا ضيِّقًا فإنَّها تَنحرِفُ قليلًا عند حافتِه وتنتشِر. وكُلَّما ٱزدادَ تضيُّقُ الثَّقْبِ، يتَّسِعُ الانتشار، ويُعرَفُ هذا بالحُيُود (أو الانعِراج). يُمكِنُكَ مُشاهدةُ هذه الظاهِرة إذا حَزَرتَ (ضيَّقْتَ) عَيْنيك ناظرًا إلى مصابيحِ الشارعِ عَبْرَ أهدابِ أجفانك. إذا تراكبَتْ حُزمتانِ مُنعرِجتانِ فالنَّمطُ الذي تُكوِّنانه لا يمكِنُ تعليلُه إلّا بٱعتبارِ الضوءِ أمواجًا من ذُرًى وبُطُون. فحيثُ تتلاقى (وتتطابَقُ) ذُرْوتانِ (أو بَطْنان)، تظهَرُ بُقعةٌ نَيِّرة؛ أمّا حيثُ يَلْتقي بَطْنٌ مع ذُروةٍ فإنَّهما يُلْغِيان واحِدُهما الآخر، فتظهَرُ بقعةٌ مُظلِمة؛ ويُعرَفُ هذا بالتَّداخُل.

الضوءُ من المَصْدر ينعكِسُ على المِرآة عائدًا مُباشرةً من بُعد ٩كم.

سُرعةُ الضَّوء

يسري الضَّوءُ بسُرعةٍ فائقةٍ جدًّا بحيثُ لا يُمكِنُ قِياسُ زَمنِ ٱنتِقالِه بأيِّ ساعةٍ عاديَّة. لكنَّ الفيزيائيَّ الفرنسيّ، أرْماند إيبوليت فيزُو (١٨١٩-١٨٩٦)، حقَّقَ قياسًا عمليًّا لِسُرعة الضوء عامَ ١٨٤٩. فقد أرسَلَ حُزمةً ضوئيَّةً عَبْرَ أسنانِ دولابٍ مُسَنَّنٍ نحوَ مِرآةٍ على بُعدِ ٩كم؛ وسَرَّعَ دورانَ الدُّولاب حتّى أمكنَ مشاهدةُ حُزمةِ الضوءِ المُنعكِسة عَبْرَ فَجَواتِ الأسنان دونَ ٱنقطاع. فأدركَ فيزُو أنَّ الضوءَ قد سَرَى نحو المِرآة وعادَ منها في الوقتِ الذي ٱستدارَ فيه الدُّولابُ سِنًّا واحدةً.



يَدُورُ الدُّولابُ المُسَنَّنُ بسُرعة فائقة بحيث إنَّ حُزْمةَ الضوءِ المُنطلقة نحو المِرآة من فَجْوةٍ بين سِنَّيْنِ تعُودُ عَبْرَ الفَجوةِ التالية.

لِمزيدٍ من المعلومات انْظُر

مَصادرُ الطاقة ص ١٣٤
الصَّوت ص ١٧٨
الطَّيفُ الكهرمغْنَطيسيّ ص ١٩٢
مَصادرُ الضوء ص ١٩٣
الانعِكاس ص ١٩٤
الانكِسار ص ١٩٦
الضَّوءُ والمادَّة ص ٢٠٠

الطَّيفُ الكَهْرمِغْنَطيسيّ

كما ينتقِلُ الضَّوءُ أمواجًا، كذلكَ أشكالُ الطاقةِ الأُخرى بما فيها الأمواجُ الراديويَّةُ والصُّغريَّةُ (الميكرويَّة) وفوق البَنَفْسَجيَّة؛ وهي كُلُّها أمواجٌ كَهْرمِغْنَطيسيَّة تُؤلِّفُ في مُجمَلِها ما يُدعى الطَّيفَ الكَهْرمِغْنَطيسيّ. إنَّ ألوانَ قَوسِ قُزَح هي الجزءُ الوحيدُ المَرئيُّ في هذا الطيف، فكُلُّ الأمواجِ الأخرى غيرُ مَرئيَّة. إنَّ جميعَ هذه الأمواجِ تَسري بسُرعةِ الضَّوء، لكِنَّ كُلَّ مجموعةٍ منها لها أطوالٌ مَوجيَّةٌ مختلِفةٌ، وتحمِلُ كمِّيَّاتٍ مُتَبايِنةً من الطاقة. فالأمواجُ دُونَ الحمراء والأمواجُ الصُّغْريَّة والراديُويَّة أطوَلُ أمواجًا من الضَّوءِ المرئيّ وتحمِلُ طاقةً أقلَّ منه. أمَّا الأشِعَّةُ فوقَ البَنَفْسَجيَّةِ والأشِعَّةُ السِّينيَّة وأشِعَّةُ جاما فأطوالُها المَوجيَّةُ أقصَرُ من الضَّوءِ المَرئيّ وتحمِلُ طاقةً أكثَرَ مِنه.

أشِعَّةُ جاما

أشِعَّةُ جاما

شديدةُ الإختِراقيَّة وهي تحمِلُ كمِّيَّاتٍ كبيرةً من الطاقة بحَيثُ تُتلِفُ الخلايا الحيَّة إذا مَرَّتْ عَبْرَها. تُبْعَثُ أشِعَّةُ جاما من نوى الذرَّاتِ الإشعاعيَّةِ في التَّفاعُلاتِ والانفِجارات النَّوويَّة.

الأشِعَّةُ السِّينيَّة (أشِعَّةُ إكس)

الأشِعَّةُ السِّينيَّةُ فيها من الطاقة ما يجعلُها تَختَرِقُ طبقةً سميكةً من المادة - بما فيها الجِسْمُ البَشري. وفي صُورةٍ شُعاعيَّةٍ تَظْهرُ أجزاءُ الجِسْمِ الكَثيفةُ ظِلالًا.

الشَّمسُ مصدرٌ للأمواجِ الكَهْرمِغْنَطيسيَّة.



الأمواجُ الرَّاديُويَّة

تتراوحُ الأطوالُ المَوجيَّةُ للأمواجِ الراديُويَّة المُستَخدَمة في البَثِّ الإذاعيّ والتّلفزيونيّ بينَ مئاتِ الأمتار وبِضعِ عشَراتٍ من السَّنتيمترات. وهناكَ عَلاقةٌ وثيقةٌ بينَ حجم الهوائيّ اللّازِمِ لالتِقاطِ الإشاراتِ الراديُويَّة (اللاسِلكيَّة) وبينَ الطولِ المَوجيّ.

الضَّوءُ المَرئيُّ هو الجُزْءُ الوحيدُ من الطيفِ الكهرمغنطيسيّ الذي يُمكِنُ رؤيتُه.



الأمواجُ الصُّغْريَّة



الأمواجُ الصُّغْريَّةُ أقصَرُ الأمواجِ الرَّاديُويَّة، وهي تُستخدَمُ في إرسالِ إشاراتِ الرَّادار. بعضُ الأمواجِ الصُّغْريَّة ذو تردُّدٍ مُساوٍ لتردُّدِ جُزَيئاتِ الماء، فيمكِنُ استِخدامُ هذه الأمواجِ في إنْضاجِ الطعام الرَّطْب، إذْ تتحوَّلُ طاقَتُها إلى حرارةٍ بتذَبْذُبِ جُزَيئاتِ الماء.

الأمواجُ فوقَ البَنَفْسَجيَّة

يحوي ضوءُ الشَّمس أشِعَّةً فوقَ بنفسجيَّة. والكمِّيَّاتُ القليلة من هذه الأشعةِ مُفيدةٌ لنا، لكِنَّ الكمِّيَّاتِ الكبيرةَ منها قد تؤذي عُيونَنا، وتُسبِّبُ سَرَطانَ الجِلْد. وهذه الأمواجُ هي التي تَسفَعُ الجِلْدَ وتكسِبُهُ سُمْرةً برونْزيَّة.



الأمواجُ دونَ الحمراء

تَبْعثُ جميعُ الأجسامِ الدَّافئةِ أشِعَّةً دونَ الحمراء. وتُستخدَمُ هذه الأشِعَّةُ في التِقاطِ صُورٍ فوتوغرافيَّةٍ خاصَّةٍ، تُدعى صُورًا حراريَّة، يُبيِّنُ كُلُّ لَونٍ فيها درجةَ حرارةٍ جِلديَّةٍ مُختلِفةٍ تتراوحُ بينَ الأصفرِ (أحماها) والأزرقِ (أبرَدِها).

جِيمسْ كُلاركْ ماكسويل

وضعَ الفيزيائيُّ الإسكُتْلنديّ، جِيمس كُلارك ماكسويل (١٨٣١-١٨٧٩)، مُعادَلاتٍ في الكهرباءِ والمِغْنَطيسيَّة تُفسِّرُ ظواهِرَ الأمواجِ الكَهْرومِغْنَطيسيَّة قبلَ اكتشافِها. فبعدَ حوالى ١٥ عامًا من نَشْرِ تلك المُعادَلات استطاعَ هِنْريخ هِرْتز إنتاجَ الأمواجِ الراديويَّة (اللاسِلكيَّة) وتعرُّفَها للمَرَّة الأولى.

لمزيد من المعلومات انْظُر

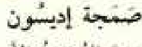
النشاط الإشعاعيّ (الفاعليَّة الإشعاعيَّة) ص ٢٦
البِلَّورات ص ٣٠
الرَّاديُو ص ١٦٤
التّلفزيون ص ١٦٦
حقائقُ ومَعلومات ص ٤١٢

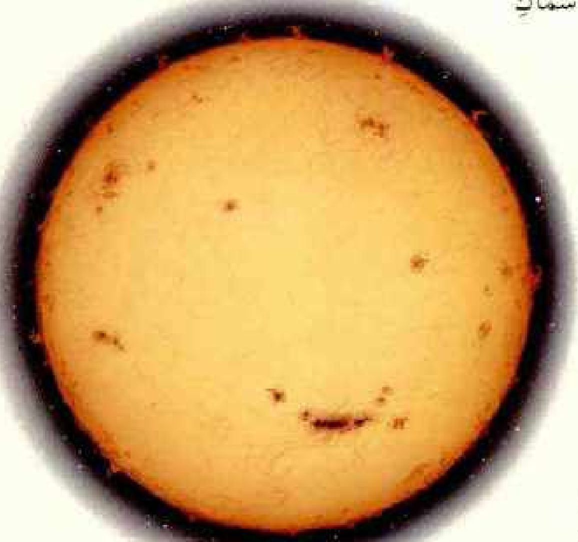
مَصادِرُ الضَّوء

كُلُّ جِسْمٍ في الكَوْنِ يَنْبَعِثُ أمواجًا كَهْرَمِغْنَطِيسِيَّة - من النُّجوم إلى الشَّجَر حتّى الأجسام البشريَّة. هذه الأمواجُ غير مرئيَّةٍ في معظم الأوقات والحالات لأنَّ تردُّداتِها أقلُّ من تردُّداتِ الضوءِ المَرئيّ. لكِنْ إذا سُخِّنَ الجِسْمُ تدريجيًّا، يَزدادُ تردُّدُ الإشعاعاتِ، فتُصدِرُ ضوءًا مَرئيًّا. تبدأُ الأجسامُ بالتَّوهُّجِ الأحمرِ الباهِت على درجة ٥٠٠° س، ويُصبحُ التَّوهُّجُ بُرتقاليًّا ناصِعًا على درجة ٢٠٠٠° س، ويبلُغُ دَرجةَ الابيضاض على ٥٠٠٠° س، مُبْتَعِثًا جميعَ ألوانِ الطَّيْفِ المَرئيّ. لكِنَّ إصدارَ الضَّوءِ ليسَ مَقصورًا على الأجسام السَّاخِنَةِ فقط، فالتَّيارُ الكهربائيُّ المارُّ عَبْرَ غازٍ يُثيرُ إلِكْترُوناتِه التي تُطلِق لاحِقًا طاقتَها الإضافيَّةَ ضَوءًا. والكيماويَّاتُ قد تُصدِرُ الضوءَ أيضًا، فأنماطُ التوهُّجِ على طول أجسامِ بعض أسماكِ الأعماق تَنْتُجُ عن تَفاعُلاتٍ كيماوِيَّة.

صَمْجة إديسُون

صنعَ المُخترعُ الأمريكيُّ، تُوماس إديسُون (١٨٤٧-١٩٣١)، أوّلَ صَمْجة كهربائيَّةٍ عَمَليَّة عام ١٨٧٩. فقد مَرَّرَ تيّارًا كهربائيًّا عَبْرَ فتيلةٍ كربونيَّة بداخِلِها، لإحمائها، فتوهَّجَتْ بِضوءٍ لافِت. وتحوي الصَّمْجاتُ الحديثةُ فتائلَ من التنجستن تُسَخَّنُ إلى درجةٍ تُقارِبُ ٣٠٠٠° س.





الطَّيْفُ الشَّمْسِيّ

تبلغُ درجةُ حرارةِ سَطحِ الشَّمْس ٥٥٠٠° س، وتُبْعَثُ جميعُ ألوانِ الطَّيف المَرئيّ على هذه الدَّرجة. لكِنَّ الذرَّاتِ في الطبقات الخارجيَّة البارِدَة من جَوِّ الشَّمْس تمتَصُّ تردُّداتٍ مُعَيَّنةً من الضوءِ المارِّ عَبْرَها - مِمّا يُحدِثُ خُطوطًا مُظْلِمةً في الطيف الشَّمْسيّ تُعْرَفُ بخُطوط فراونْهُوفر.

تُنتِجُ الغازاتُ المختلفةُ أضواءً مُختلفةَ الألوان. فالنِّيُون مثلًا، يَبْتَعِثُ دائمًا ضوءًا أحمر.

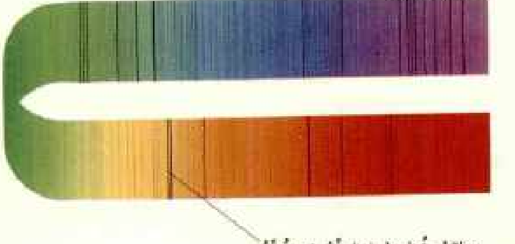


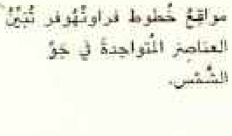
أضواءُ النِّيُون

الأنبوبُ الزُّجاجيُّ المملوءُ بالغاز يُصدِرُ ضوءًا عندما يَسري خِلالَه تيّارٌ كهربائيّ. ويَحدثُ ذلك ليسَ لأنَّ الغازَ ساخِنٌ، بل لأنَّ إلِكترُوناتِ الغاز تُعطى طاقةً تفقِدُها لاحِقًا بابْتِعاثِها ضوءًا.

المِطْيَف (السِبكْترومتر)

المَوشورُ الزُّجاجيُّ يَحرِفُ اتِّجاهَ ألوانِ الضوءِ المُختلفةِ بكمِّيَّاتٍ مُتفاوِتة؛ وبذلك يُحَلِّلُ المزيجَ الضوئيَّ إلى طَيْف. ويَستخدِمُ المِطْيَفُ (مِقياسُ الطَّيف) مَوشورًا يُفَرِّقُ الضَّوءَ، من مَصْدَرٍ ضوئيٍّ، إلى طيف، وتُحدِّدُ أطوالُ الضوءِ المَوجيَّةُ في الطَّيف ماهيَّةَ العناصِرِ المُتواجدة في المَصْدَر.





مواقِعُ خُطوط فراونْهُوفر تُبَيِّنُ العناصِرَ المُتواجدةَ في جَوّ الشَّمْس.

الدَّايُوداتُ الضَّوّاءةُ يُمكِنُها إنتاجُ الضوءِ الأحمرِ والبُرتقاليِّ والأصفرِ والأخضر.

تُستخدَمُ الدّايُوداتُ الضّوّاءةُ أحيانًا في أُطُرِ عَرضِ الحاسِبات ومُسجِّلاتِ النَّقْرِ والسّاعات الرَّقْمِيَّة.

الدَّايُوداتُ الضَّوّاءة

يحوي الكثيرُ من الأنظِمةِ الحديثة العاليةِ الأمانة أُطُرَ عَرْضٍ من الدّايُودات الضَّوّاءة. وهذه تحوِّلُ الطاقةَ الكهربائيَّةَ إلى طاقةٍ ضوئيَّة - فتَبْتَعِثُ ضوءًا عندَ مُرورِ تيّارٍ عَبْرَها. وهذه الدّايُوداتُ صغيرةُ الحَجْم، تستهلِكُ تيّارًا قليلًا جدًّا، وتدومُ طويلًا بالمُقارَنةِ مع الصَّمْجاتِ ذاتِ الفتائل.

لمزيد من المعلومات انظر

الغازاتُ النَّبيلة ص ٤٨

التفاعُلاتُ الكيماويَّة ص ٥٢

مواردُ الكهرباء ص ١٦٠

الألوان ص ٢٠٢



غوسْتاف كيرتْشُوف

الفيزيائيُّ الألمانيّ، غوسْتاف كيرتْشُوف (١٨٢٤-١٨٨٧)، درسَ الأطيافَ الضوئيَّة بمِطْيَفٍ (سبكترومتر) طوَّرَه بمُعاونةِ الكيماويِّ روبَرْت بُنزِن. وقد لاحظَ أنَّ الذرّاتِ والجُزيئاتِ المُنفرِدةَ تبتعِثُ ألوانًا مُعَيَّنةً فقط عِندَ تَسخينِها. وبذلك أدركَ أنَّ كُلَّ عُنصرٍ يُنتِجُ طيفًا مُتميِّزًا من الخُطوط المُلوَّنةِ يُمكِنُ تحديدُ هُوِيَّتِه به.

الإِنْعِكاس

نَرى بعضَ الأشياءِ لأنَّها مُضيئةٌ بِذاتِها - كالشَّمْسِ أو صَمَجةِ النُّور؛ أمّا الأجسامُ غيرُ المُضيئةِ فنراها بالضوءِ المُنْعكِسِ، أي بأشِعَّةِ الضَّوءِ المُرتَدَّةِ عَنها. فنَحْنُ نَرى القَمَر لأنَّه يَعْكِسُ ضوءَ الشَّمْسِ. الغازاتُ، على العُموم، غَيْرُ مَرئيَّةٍ لأنَّها، بِرِقَّةِ قوامِها المُفْرِطَة، لا تَسْتطيعُ من الضوءِ ما يَكفي لِرؤيتِها؛ أمّا السَّوائلُ والجوامدُ فتُرى بِوُضوح. يَعتمِدُ مظهرُ الجِسْمِ المرئيِّ على كَمِّيَّةِ الضوءِ التي يَعكِسُها وعلى نسْجَةِ سَطْحِه؛ فالسَّطْحُ الأبيضُ المَليسُ مَثلاً، يَعكِسُ النورَ أكثَرَ من سَطْحٍ داكِنٍ خَشِنٍ. أمّا السَّطحُ الذي لا يَعكِسُ أيَّ ضوءٍ فيبدو أسْوَدَ.

ضورةُ الجِسْمِ في المِرآةِ المُستَوية مَقلوبةٌ يَمينَ يَسار، وهذا يَعني أنَّ جانِبَ الجِسْمِ الأيْمَنَ يُصبِحُ الجانِبَ الأيسَرَ للصُّورة.

خَجمُ الصورةِ التقديريَّة في المِرآة المُستَوية مماثِلٌ تماما لِحَجمِ الجِسْم.

الصُّورةُ المِرآويَّة

هلْ لاحَظْتَ أنَّ بُعْدَ صُورةِ الجِسْمِ في المرآةِ المُسْتَويةِ (المُسَطَّحة) خَلفَها مُساوٍ لِبُعْدِ الجِسْمِ أمامَها؟. إنَّ هٰذه الصورةَ لَيسَتْ صورةً حقيقيَّةً؛ فالواقِعُ أنَّ مَصْدَرَ الضوءِ لَيْسَ مِن خَلْفِ المرآة، بَلْ هو ضَوءٌ يَنعكِسُ من سَطحِها إلى أعْيُنِنا كأنَّه آتٍ من جِسْمٍ في مَوقِعِ الصورةِ تمامًا. لِذا نُسَمّي مِثْلَ هذه الصُّورةِ صُورةً تَقْديريَّة.

مَصْدرٌ ضَوئيّ

إنعِكاسٌ مِرآويّ

الضوءُ يَنْعكِسُ من السَّطحِ المُسْتوي بزاويةٍ مُحَدَّدة. فالإنعكاسُ المِرآويُّ لِحُزمةٍ لِيزَريّةٍ يُكَوِّنُ بُقْعةً ناصِعَةً على السِّتارة.

إنعِكاسٌ مِرآويّ

إنعِكاسٌ إنتِشاريّ

مَصْدَرٌ ضَوئيّ

الإنعِكاسُ الإنتشاريّ

السُّطوحُ الخَشِنةُ تَعكِسُ الضَّوءَ مُنْتَثِرًا - أي مُسْتَطيرًا في جَميعِ الاتِّجاهات. فالإنعِكاسُ الانتشاريُّ لِحُزمةٍ لِيزَريّةٍ يُنتِجُ رُقْعةً ضَوئيّةً مُشَوَّشةً على السِّتارة.

ضُورةٌ مُنعكِسة

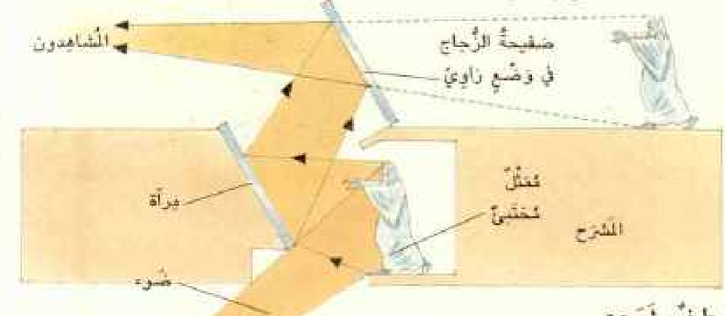
مَرايا مُزدَوِجةُ الاتِّجاه

تَعكِسُ الصفيحةُ الزُّجاجيّةُ حوالَى ٥٪ من كَمِّيّةِ الضوءِ الساقِطِ عليها، وتُنْفِذُ الـ ٩٥٪ الأُخرى. وإذا كانَتِ الإضاءةُ متماثِلةَ الشِّدَّةِ في كلا جانِبَيْها، تبدو الانعكاساتُ ضعيفةً. أمّا إذا كانَ أحدُ الجانِبَين ساطِعَ الإضاءةِ والآخرُ مُظلِمًا، فيبدو الجانِبُ النَّيِّرُ كالمِرآة، إذْ لا يوجَدُ ضوءٌ نافِذٌ يَطْغى على الانعكاس. فالناسُ في الجانِبِ النَّيِّرِ يَرونَ انعِكاساتِ أنْفُسِهم كما في مِرآة. أمّا الناسُ في الجانِبِ المُظلِم فيَرونَ الجانِبَ الآخر، بالضوءِ النافِذ، عَبْرَ صفيحةِ الزُّجاجِ بِوُضوح.



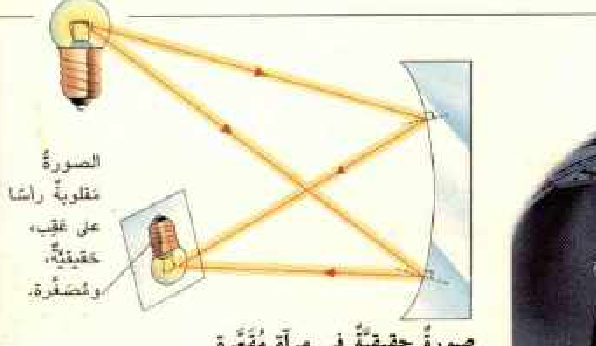
هِنْدريك لُورِنْتز

إستَخدمَ الفيزيائيُّ الهُولَنديّ، هِنْدريك لُورِنْتز (١٨٥٣-١٩٢٣)، نظريّةَ جيمس كلارك ماكسويل عن الأمواجِ الكهرمغنطيسيّةِ لِيَشرحَ كيفيّةَ انعِكاسِ الضوء. فارتأى أنَّ الإلكتروناتِ تَمتَصُّ الطاقةَ الضوئيّةَ ثُمَّ تبتَعِثُها ثانيةً بزاويةٍ جَديدة. وتؤكِّدُ نظريّةُ لُورنتز هٰذه قانونَ الإنعِكاسِ الذي يَنُصُّ على أنَّ زاويةَ الانعِكاسِ تُساوي زاويةَ السُّقوطِ (أو الوُرُود).



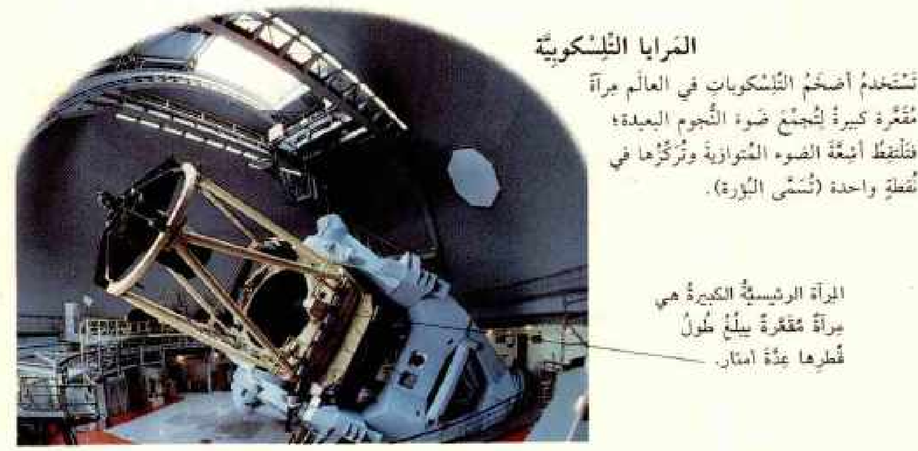
طَيفٌ شَبَحيّ

إستُخدِمَت المَرايا المُزدوجةُ الاتِّجاه في مَسارحِ القَرْنِ التاسِعَ عَشَرَ لِعَرْضِ صُوَرٍ شَبَحيّة. فكانَ الضوءُ المُسْقَطُ على مُمَثِّلٍ مُختَبِئٍ يَنعكِسُ على مِرآةٍ مائلةٍ نحو صَفيحةٍ زُجاجيّةٍ كبيرةٍ مُوازِية، ومنها نحو المَسرح. فحينَ يكونُ المَسرحُ مُعْتِمًا لا يَرى المُشاهِدونَ الصفيحةَ الزُّجاجيّة، بَلْ يَرونَ أمامَهُم شَبَحًا يَظْهَرُ ويَختَفي!



صورةٌ حقيقيّةٌ في مِرآةٍ مُقعَّرة

يُمكِنُ تركيزُ الضوءِ الواردِ من جِسْمٍ بعيد بمرآةٍ مُقعَّرة وعرضُ صُورتِه، المَقلوبةِ رأسًا على عَقِبٍ، على سِتارة. ويعتمِدُ حَجمُ الصورةِ على المَسافةِ بين الجِسْمِ والمِرآة؛ فكُلَّما اقتَربَ الجِسْمُ من بؤرةِ المِرآة يزدادُ حَجْمُ صُورتِه.



المَرايا التِّلِسْكوبيّة

تَستَخدِمُ أضخَمُ التِّلِسْكوباتِ في العالَم مِرآةً مُقعَّرة كبيرةً لِتُجمِّعَ ضَوءَ النُّجومِ البعيدة؛ فتَلتقِطُ أشِعّةَ الضوءِ المُتوازية وتُركِّزُها في نُقطةٍ واحدة (تُسمَّى البُؤرة).

المِرآةُ الرئيسيّةُ الكبيرةُ هي مِرآةٌ مُقعَّرةٌ يبلُغُ طُولُ قُطرِها عِدّةَ أمتار.

الضوءُ المنعكِسُ من المِرآةِ المُقعَّرةِ يُوَجَّه إلى مِرآةٍ أصغرَ تعكِسُه بدورِها نحو الكاميرا لِتُنتِجَ صورةً فوتوغرافيّةً أو تِلفِزيونيّة.



مِرآةُ القِيادة

مِرآةُ القِيادة مِرآةٌ مُحدَّبةٌ، سَطحُها الصَّقيلُ مُقوَّسٌ إلى الخارج كقَفا المِلعَقة. المرايا المُحدَّبةُ تعكِسُ الضوءَ لِتُنتِجَ دائمًا صُوَرًا مُصغَّرة وغيرَ مَقلوبة. وهذا مُفيدٌ إذا أردْنا الحُصولَ على مَجالِ رؤيةٍ واسعٍ كما في مِرآةِ القِيادة. فبذلك يتمكَّنُ السائقُ من رُؤيةِ مَدًى أوسعَ وأشملَ على جانبَيِ السيّارة، من مدى المِرآةِ المُستَوية.



أمواجٌ تَقديريّة

يُمكِنُ تَمثيلُ الطريقةِ التي تُنتِجُ فيها مِرآةٌ مُستَويةٌ صورةً تقديريّةً بواسطةِ الأمواجِ المائيّة. إفترِضْ أنّ الحاجِزَ مِرآةٌ مُستَوية. فعِندما تَصْدِمُه الأمواجُ الدائريّةُ ترتَدُّ عنه، فتبدو الأمواجُ المنعكِسةُ كأنّها آتيةٌ من نُقطةٍ خَلْفَ الحاجِز. ولَمّا كانَتْ هذه الأمواجُ لا تنطلِقُ فِعلًا من تِلك النُّقطةِ، ندعوها صُورةً تقديريّة.



المَرايا الطَّريفة

تُكَوِّنُ مَرايا المعارِضِ المُتَبايِنةُ التقوُّسِ صُوَرًا مُشَوَّهةً قد تكونُ مُخيفةً ومُسَلِّيةً في الوقتِ نفسِه. والحقيقةُ أنّ المَرايا ذاتَها هي المُشَوِّهةُ إذ تجعَلُها سُطوحُها المُتَبايِنةُ التَّقعُّرِ والتَّحدُّب مَرايا مُقعَّرةً، في مواقِعَ - تجعلُ الأشياءَ أكبرَ، ومُحدَّبةً في مواقِعَ أُخرى - تجعلُ الأشياءَ تبدو أصغرَ من واقِعِها. فإذا ما وَقفْتَ أمامَ إحدى تلك المَرايا الطريفة، فقدْ ترى لكَ جِسْمًا طويلًا رَفيعًا وساقَيْنِ قصيرتَيْنِ غليظتَيْن، فيما تبدو أجزاءٌ أُخرى من جِسْمِك مَقلوبةً رأسًا على عَقِب.





الصورةُ غيرُ مَقلوبةٍ، تقديريّةٌ، ومُكبَّرة.

مِرآةُ الحِلاقة

إذا قرَّبتَ وَجْهَك من مِرآةٍ مُقعَّرة، ينعكِسُ الضوءُ لِيُنتِجَ صُورةً مُكبَّرة. لكِنْ إذا ابتعَدْتَ عن المِرآة، تُصبِحُ الصورةُ مُضطرِبةً ثمّ تَظهَرُ ثانيةً مَقلوبةً رأسًا على عَقِبٍ ومُصغَّرة. يُمكِنُكَ مُشاهدةُ مختلِفِ أطوارِ هذه الظاهرةِ في السَّطحِ المُقعَّرِ لِمِلعَقةٍ صَقيلة.

لمزيد من المعلومات انظُر

الطَّيفُ الكَهرمِغنَطيسيّ ص ١٩٢
العَدَسات ص ١٩٧
الآلاتُ البَصريّة ص ١٩٨
الضَّوءُ والمادّة ص ٢٠٠

الاِنْكِسار

يَسري الضَّوءُ في خُطوطٍ مُستقيمة؛ لكِنْ عندَ انتِقالِه مائلًا من وَسَطٍ شَفَّافٍ إلى آخرَ تَنْحَني أشِعَّتُهُ، ويُسَمَّى هذا الانحناءُ اِنكِسارَ الضَّوء. ويُفَسِّرُ هذا لِمَ تَبدو قَشَّةُ الشُّرب مُنحنِيَةً في كُوبِ ماءٍ عِنْدَ نُقْطَةِ دُخولِها فيه. ويَحْدُثُ الاِنكِسارُ نتيجةً لِتبايُنِ سُرعةِ الضوء في المواد الشَّفَّافةِ المُختلِفة. أوَّلُ من تقَصَّى انكسارَ الضوء رياضيًّا كان العالِمَ الهُولَنديَّ ڤِلبرورد سنِل (١٥٩١–١٦٢٦). يَقيسُ مُعامِلُ الِانكسار (وهو ثابت = $\frac{\text{جَيْب زاوية السُّقوط}}{\text{جيب زاوية الانكسار}}$) مِقدارَ انحناءِ حُزمةِ الضوء عندما تَنتَقِلُ من مادَّةٍ إلى أُخرى. فبالنِسبة لِلهواء، مُعامِلُ الانكسار ١ لِلهواء، ١,٣ للماء ولِلزُّجاج ١,٥. فالضوءُ ينحني أكثَرَ عند انتِقالِه من الهواء إلى الزُّجاج مِمّا يَنْحني عند انتقالِه من الهواءِ إلى الماء، لأنَّ سُرعتَه تُبطِئُ أكثَرَ في الزُّجاج.

زاويةُ السُّقوط

زاويةُ الاِنكِسار

مُعامِلُ الاِنكِسار

تنكَسِرُ حُزمةُ الليزَر المُنتقِلةُ بزاويةٍ مُعيَّنة (هي زاويةُ السُّقوط) من الهواء إلى كُتلةٍ زُجاجيَّة لأنَّ سُرعةَ الضوء في الزُّجاج أقلُّ منها في الهواء. ويُحَدِّدُ مُعامِلُ الاِنكِسار الثابتُ لِلمادَّةِ العَلاقةَ بينَ السُّرعتين. ففي هذه الحالة، مُعامِلُ الانكِسار لِلزُّجاج بالنسبةِ لِلهواء هو حاصِلُ قِسْمةِ سُرعةِ الضوء في الهواء على سُرعتِه في الزُّجاج.



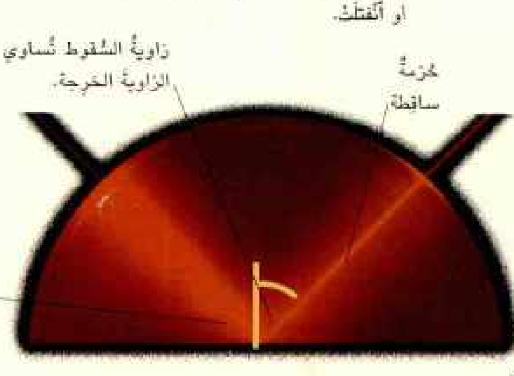
تَبَدُّلُ الاِتِّجاه بِتَبَدُّلِ السُّرعة

عندما تنتقِلُ دواليبُ الشاحنة بزاويةٍ مُعيَّنة من سَطحٍ صُلْبٍ إلى أرضٍ رَطْبةٍ مُعْشَوشِبة تُبطِئُ سُرعةُ الدواليب من جانبٍ واحدٍ مُسبِّبةً انحناءً في مَسارِ الشاحنة. وهذا يُمثِّلُ انكسارَ الضوء عِنْدَ انتِقاله من الهواء إلى الزُّجاج.

كُلُّ لِيفةٍ هي خَيْطَةٌ رفيعةٌ من الزُّجاج تُقَنِّي الحُزمةَ الضوئيةَ بالانعِكاس التامِّ الدّاخلي حتّى ولو التَوت أو انْفتلَت.

المِنْظارُ الدّاخلي

يُستَفادُ من مَبدأ الانعِكاس التامِّ الدّاخليّ في الطِّبِّ. فالمِنْظارُ الدّاخليّ، المؤلَّفُ من رِزمةٍ من الألياف البصريَّة المَرِنة، يُستخدَمُ في تَنظير داخِلِ الجِسْم دونَ الحاجة إلى إجراءِ عمليَّةٍ جِراحيَّة. يَسْري الضوءُ مُقَنًّى على طُول الألياف بالانعكاسات التامةِ الداخليَّة، فيَستطيعُ الطبيبُ إدخالَ المِنْظارِ عَبْرَ البُلعوم والمَريءِ لِفَحصِ داخِلِ المَعِدَة.



زاويةُ السُّقوط

زاويةُ الانكِسار

الاِنْعِكاسُ التامُّ الدّاخليّ

يتبيَّنُ في الكُتلة الزُّجاجيَّة أعلاه كَيفيَّةُ انكِسار الضوء عِند انتِقالِه من الزُّجاج إلى الهواءِ فتزدادُ سُرعتُه. فإذا كانتْ زاويةُ السُّقوط صغيرةً، تنبثِقُ حُزمةُ الضوء بزاويةٍ أكبرَ؛ لكِنْ مع تزايُدِ مِقدارِ زاوية السُّقوط (إلى اليسار)، يزدادُ انكسارُ حُزمةِ الضوء أكثرَ فأكثر. وعندما تَبلُغ زاويةُ السُّقوط حَدًّا مُساويًا لِلزاوية الحَرِجة، لا يَعودُ الضوءُ ينبثِقُ من الزُّجاج مُطلقًا - بَلْ ينعكِسُ داخليًّا؛ ويُعرفُ هذا بالانعِكاس التامِّ الدّاخليّ.

ضوءٌ من جِسْمٍ بعيد

أشِعَّةُ الضوء المُنحنِيَة

هواءٌ بارِدٌ

هواءٌ دافِئٌ

تبدو الصورةُ هنا.

تنكَسِرُ أشِعَّةُ الضوء من الزِّرِّ عندَ انتِقالها من الماء إلى الهواء. وأنتَ ترى الزِّرَّ على استِقامةِ الأشِعَّةِ المُنكسِرة – أقْرَبَ إلى سَطحِ الماء.

السَّراب

يَخدَعُنا انحناءُ الضوءِ برؤيةِ الأشياءِ في غيرِ مَواقِعِها. يحدُثُ السَّرابُ بانكِسار الضوءِ في الجوِّ؛ لأنَّ سُرعةَ الضوءِ أزيَدُ في الهواءِ الحارِّ المُلاصِق للأرض من سُرعَتِه في الهواءِ البارِد الأعلى. فينكَسِرُ الضوءُ في مَسارٍ مُقَوَّسٍ، مُنتِجًا صورةً زائفةً لجِسْمٍ بَعيد. والسَّرابُ يكثُرُ في الصَّحارَى حيثُ الهواءُ حارٌّ جِدًّا.

الأعماقُ المُختلِفة

هل لَحظْتَ أنَّ الأحواضَ والبِرَكَ هي دائمًا أعمقُ مِمّا تبدو؟ ذلك لأنَّ انكِسارَ الضوءِ المُنتقِل من الماء إلى الهواء يجعلُ قَعْرَ الحوضِ يبدو أقربَ إلى الناظِرِ مِمّا هو عليه. يُمكِنُكَ مُشاهدةُ هذه الظاهرةِ في كُوبِ الماء أعلاه. فبانكِسارِ الضوءِ يبدو الزِّرُّ أقربَ إلى سَطحِ الماء.

لِمزيدٍ من المعلومات انْظُر

الصَّوتُ والضَّوء ص ١٧٧
الانعِكاس ص ١٩٤
الألوان ص ٢٠٢
الإبصار ص ٢٠٤
حَقائقُ ومَعلومات ص ٤١٢

العَدَسات

اِنْحِناءُ الضَّوءِ عندَ انْتِقالِه من الهواءِ إلى الزُّجاجِ حقيقةٌ يُمكِنُ الاستِفادةُ منها. فالعَدَساتُ هي قِطَعٌ من الزُّجاجِ أو اللَّدائنِ الشفَّافة مُشَكَّلَةٌ خِصِّيصًا لتركيزِ الضوءِ وتكوينِ الصُّوَرِ وتكْبيرِ أو تَصْغيرِ مَشْهدٍ بِحَنْيِ الضوءِ السَّاري عَبْرَها. ويَطَّرِدُ تَزَوِّي العَدَسَةِ باتِّجاهِ أطرافِها، فقد تكونُ أَسْمَكَ أو أَرَقَّ في المَركزِ مِنها في الأطراف. ويُحَدِّدُ شَكلُ العَدسةِ ما إذا كان انْحِناءُ الضوءِ المارِّ عَبْرَها نحو نُقْطةٍ وحيدةٍ – هي بُؤرةُ العدسَة – أو بعيدًا عنها. وفي كُلٍّ من عَيْنَي الإنسانِ عَدسَةٌ طبيعيَّةٌ تُرَكِّزُ بها المَشاهِدُ، كما تَفْعَلُ أنتَ الآنَ لِلتركيزِ على هٰذه الكلمات.

عَمُودٌ ضَوئيٌّ

عَدسةٌ مُحَدَّبَة

عَدسةٌ مُقَعَّرة

أشِعَّةُ الضوءِ تنفرجُ وتتفرَّقُ

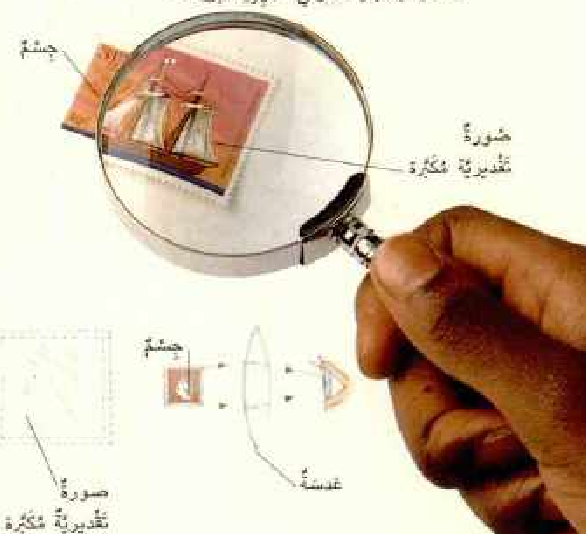
أشِعَّةُ الضوءِ تتقارَبُ وتتلاءَمُ في البُؤرة

العَدَساتُ المُحَدَّبةُ والمُقَعَّرة

العَدَسَةُ الأَسْمَكُ في وَسْطِها مِنها في أطرافها عَدسَةٌ مُحَدَّبة. وهي تُجَمِّعُ أشِعَّةَ الضوءِ المُتوازيةَ المارَّةَ عَبْرَها وتُرَكِّزُها في نُقطةٍ هي بُؤرتُها. أمّا العَدسَةُ الأَسْمَكُ في أطرافِها مِنها في وَسَطِها فهي عدسَةٌ مُقَعَّرة. وهي تُفَرِّقُ أشِعَّةَ الضوءِ المُتوازيةِ المارَّةَ عَبْرَها لِتَبْدُوَ كما لو أنَّها صادرةٌ من بُؤرةٍ تقديريَّةٍ في الجانبِ الآخرِ منها.

عَدسَةُ فْرينيل

اِبتكَرَ الفيزيائيُّ الفرنسيّ، أوغسطين فْرينيل (١٧٨٨-١٨٢٧)، عَدسَةً قِوامُها سِلْسِلَةٌ من الحلقاتِ الزُّجاجيَّة. وهذه العدساتُ لا تَصْلُحُ لِتكوينِ الصُّورِ لأنَّها تُشَوِّهُ كثيرًا، لكنَّها جيِّدةٌ جدًّا لِتركيزِ حُزَمِ الضوء. لِذا تُستَخدَمُ غالبًا في المَناراتِ والمَصابيحِ الأماميَّةِ لِلسيّارات وفي أجهزةِ الإيقاظ.



العَدسَةُ المُكَبِّرة

تَبدو الأجسامُ أكبرَ مِمّا هِيَ بِكثيرٍ عندما يُنظَرُ إليها من خِلالِ العَدسةِ المُحَدَّبةِ في العدسةِ المُكَبِّرة. وبِتَتَبُّعِ مَسارِ الأشِعَّةِ الضوئيّةِ خِلالَ العدسة تَتَبيَّنُ كيفيَّةُ إنتاجِها صُورةً تَقْديريَّةً مُكَبَّرةً لِلجِسْم. ويعتمِدُ مِقدارُ التكبيرِ على البُعدِ البُؤريِّ لِلعدسة. فكُلَّما قَصُرَ البُعْدُ البُؤريُّ، بازدِيادِ سَماكةِ العدسة، تُصبِحُ العَدسَةُ أقوى.

العدسةُ المُحَدَّبةُ تُكَبِّرُ الصورةَ على شَريحةِ الفيلم.

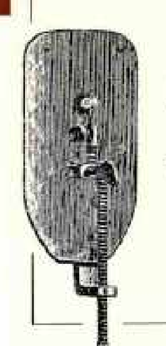
مِسقاطُ الشَّرائح

تُنتِجُ العدسَةُ المحدَّبةُ في جِهازِ الإسْقاطِ صورةً حقيقيَّةً مُكَبَّرةً لِلشَّريحة. والصورةُ حقيقيَّةٌ لأنَّ الضوءَ يَمُرُّ بها فعلًا، كما يُمكِنُ عَرْضُها على سِتارة. وهي مَقْلوبةٌ (رأسًا على عَقِب)، لِذا يَجِبُ وَضْعُ الشَّريحةِ الفيلميَّةِ مَقْلوبةً في المِسْقاطِ كي تُعْرَضَ الصُّورةُ قائمةً على السِّتارة.



أنطوني ڤان لِيوِينْهُوك

المِجْهَرُ البدائيُّ الذي صنعَه الهولَنديُّ أنطوني ڤان لِيوِينْهُوك (١٦٣٢-١٧٢٣)، جَعَلَ دِراسةَ البَكْتيريا وخلايا الدَّمِ أمرًا مُمكِنًا لِلمَرَّةِ الأولى في تاريخِ العِلْم. وقِوامُ هٰذه النَّبيطةِ البَسيطةِ عدسَةٌ قويَّةٌ، شُكِّلَتْ من بِلَّورةٍ زُجاجيَّةٍ، مُرَكَّبةٍ على صَفيحةٍ مَعدِنيَّة.



لمزيد من المعلومات انْظُر

المَكْثُورات ص ١٠٠
الزُّجاج ص ١١٠
الآلاتُ البَصريَّة ص ١٩٨
الإبْصار ص ٢٠٤
التَّصويرُ الفوتوغرافي ص ٢٠٦

الآلاتُ البَصريَّة

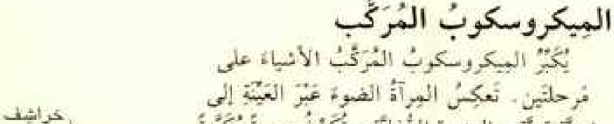
العديدُ من الاكتشافاتِ الرائعةِ تَمَّ من خِلالِ عَدسات الآلاتِ البَصريَّة. فنحنُ حتَّى بالعدسةِ المُكبِّرة البسيطةِ نرى تفاصيلَ الأشياءِ أكثرَ بكثيرٍ ممَّا نستطيعُ إبْصارَه بالعينِ المُجرَّدة. أمَّا الآلاتُ البصريَّة المُتطوِّرة - التي تتألَّفُ من مجموعاتِ مَرايا وعَدسات - فقد مَكَّنتنا من دِراسةِ وتقصِّي مُختلِفِ الأشياءِ من أصغرِ المُتعضِّيات الحَيَّة إلى أقصَى الأجسامِ بُعدًا في الكَوْن. فبوُسْعِ المِجْهَر (الميكروسكوب) الضوئيِّ تكبيرُ الأشياءِ حتَّى ٢٠٠٠ مَرَّة؛ كما يُمكِنُ استخدامُ المِقراب (التِّلسْكوب) لالتِقاطِ وتحليلِ الضوء من أجسامٍ فلكيَّةٍ أبعَدَ مِليون مَرَّةٍ من أيٍّ منَ النُّجومِ التي نراها في السَّماءِ لَيلًا.



مِنظارٌ ثُنائيُّ العَيْنيَّة

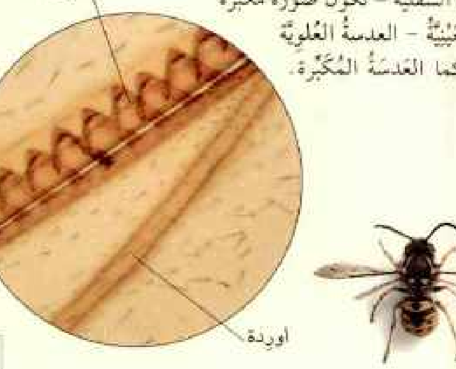
يتألَّفُ المِنظارُ الثُّنائيُّ العَيْنيَّة من تِلِسْكوبَيْن (مِقرابَيْن) كاسِرَين؛ يحوي كُلٌّ منهما شَيْئيَّةً وعَيْنيَّةً تكوِّنانِ صورةً أكبرَ وأوضحَ بكثيرٍ لِلجِسْمِ المَنظورِ من بُعد.





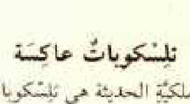
الميكروسكوبُ المُركَّب

يُكبِّرُ الميكروسكوبُ المُرَكَّبُ الأشياءَ على مَرحلتَيْن. تَعكِسُ المِرآةُ الضوءَ عَبْرَ العَيِّنَةِ إلى شَيْئيَّةٍ قويَّة - العدسةِ السُّفليَّة - تُكوِّنُ صورةً مُكبَّرةً أوليَّةً حقيقيَّةً لِلعَيِّنة. ثُمَّ تتلقَّى العَيْنيَّةُ - العدسةُ العُلويَّة - هذه الصورةَ فتُكبِّرُها ثانيةً، كما العَدسةُ المُكبِّرة.



صورةٌ مِجْهَريَّة

عندما يُكبَّرُ جَناحُ زُنْبورٍ ٥٠ مَرَّةً، تَظْهرُ الحراشِفُ والأوردةُ واضِحةَ التفاصيل. هذه الصورةُ أُخِذَتْ عَبْرَ عدساتِ مِجْهَرٍ مُركَّب.



زُنْبورٌ بالحَجْمِ الطبيعيّ

التِّلسْكوباتُ المُهِمَّة

١٧٨٩ تِلِسْكوبُ وِليَم هِرْشِل، إنكلترا، قُطْرُ مِرآتِه ١,٢٣ متر

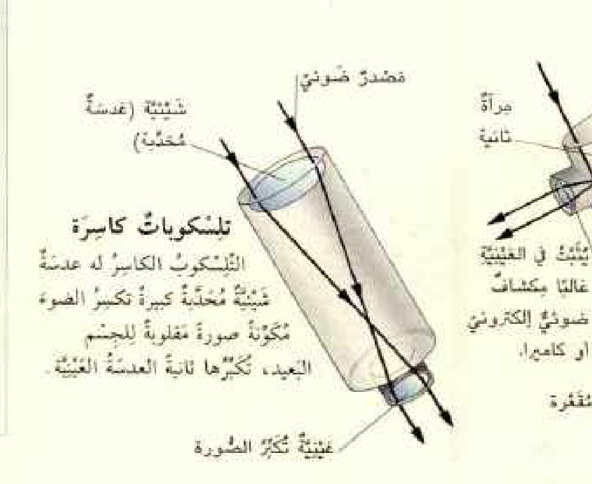
١٨٤٥ تِلِسْكوب لورد روس، إيرلندا، قُطرُ مِرآتِه ١,٨٣ متر

١٩١٧ تِلِسْكوبُ جبل وِيلسون، كاليفورنيا، قُطرُ مِرآتِه ٢,٥٤ متر

١٩٤٨ تِلِسْكوب جبل العاكِسْ، بالومار، كاليفورنيا، قُطرُ مِرآتِه ٥ أمتار

١٩٧٦ تِلِسْكوب جبل سِميرودريكي، قُطرُ مِرآتِه ٦ أمتار

١٩٩٢ تِلِسْكوب كِك، هاواي، قُطرُ مِرآتِه ١٠ أمتار



تِلِسْكوباتٌ كاسِرَة

التِّلسْكوبُ الكاسِرُ له عدسةٌ شَيْئيَّةٌ مُحَدَّبَةٌ كبيرةٌ تكسِرُ الضوءَ مُكوِّنَةً صورةً مَقلوبةً لِلجِسْم البَعيد، تُكبِّرُها ثانيةً العدسةُ العَيْنيَّة.

تِلِسْكوباتٌ عاكِسَة

مُعظَمُ التِّلِسْكوباتِ الفلكيَّةِ الحديثةِ هي تِلِسْكوباتٌ عاكِسَةٌ ذاتُ مَرايا مُقعَّرةٍ كبيرةٍ تُجَمِّعُ الضوءَ وتركِّزُه في بؤرتِها - فيما تعكِسُ مِرآةٌ ثانيةٌ الضوءَ باتِّجاهِ العَيْنيَّة أو الكاميرا.

لِمَزيدٍ من المَعلومات انْظُر



تِلِسْكوب هِرْشِل

هذا التِّلِسْكوبُ العاكِسُ، بقُطرِ ٤,٢ متر، الذي يحمِلُ اسْمَ وِليَم هِرشِل، يحوي كاميراتٍ وحواسيبَ إلكترونيَّةً تُسجِّلُ وتُحلِّلُ ضوءَ النُّجوم. وقد شُيِّدَ في جَوِّ جبالِ لابالْما الصافي في إحدى جُزُرِ الكَناري مُقابِلَ السَّاحلِ الشماليِّ الغربيِّ لِلقارَّةِ الإفريقيَّة.

اللَّيازِر

أضواءُ اللِّيزَر بأشِعَّتِها الحُزْمِيَّة غَدتْ من المشاهِدِ المألوفة في حَفَلات الرقصِ والغِناء الشعبيَّة. لكنَّ استخدامَ أشِعَّةِ اللِّيزَر يتجاوزُ مجالاتِ التَّرفيه والتَّسْلِيَة، إلى مَجالاتٍ عِلميَّةٍ وعَمليَّةٍ عديدة تَشْمَلُ جِراحةَ العَيْن، والمِساحة، وقَطْعَ الفولاذ، ونَقْلَ الإشاراتِ التلفزيونيَّة والحاسوبيَّةِ عَبْرَ الأليافِ البَصَريَّة، وقِراءَةَ المعلومات والرُّموز من شَفراتِ الأعمدة التسعيريَّةِ والأُسْطواناتِ المُدَمَّجةِ. الخاصَّةُ المُميَّزةُ لِضَوءِ الليزر والتي تؤَهِّلُه لِمُختلف استِخداماته هي ترابُطُه واتِّساقُه (انتِظامُه). فالأمواجُ الضوئيَّة العاديَّةُ مُخَلَّطةٌ وغيرُ مُنتظِمة، لكنَّ أمواجَ الليزر مُتَساوِقةٌ مُنْتَظِمةٌ، كصُفوف الجُنْد في مَسيرةٍ عَسْكريَّة. لِذا يمكِنُ توجيهُها بِحُزَم قويَّةٍ أكثَرَ نُصوعًا وأدقَّ توازيًّا مِنَ الضوء مِنْ مصادِرَ أُخرى.

حُزمةُ اللّيزَر قويَّةٌ ومُرهفةُ الدِّقَّة.

الجِراحةُ اللِّيزَريَّة

يستطيعُ الجرّاحُ التحكُّمَ في حُزَمِ اللّيازِر بدِقَّةٍ مُتناهية لإجراءِ فَغْرٍ دقيقٍ في سَطحِ العَيْنِ المَغْطُوية أو لِسَفْعِ خلايا وَرَمٍ سرطانيٍّ.

يُمكِنُ إنتاجُ ضوءِ اللّيزَر بحَشْدِ الجوامِدِ أو السوائلِ أو الغازاتِ بالطاقة. ويعتمِدُ لونُ الضوءِ الليزريِّ الناتجِ على نوعيَّةِ العناصرِ المُتواجِدة في المادَّة.

اللّيزَر

لَفْظَةُ لِيزَر هي مُخْتَصرٌ أوائليٌّ لما مَعناه «تَضْخيمُ الضَّوءِ بأبتعاثِ الإشعاعِ المُنَشَّط»؛ ويُمكِنُ شرحُ ما يجري ضِمنَ جهازِ الليزر بأنَّ الطاقةَ المُنبعثةَ مِن أُنبوبٍ وَمّاضٍ أو مِن تيّارٍ كهربائيٍّ تُنَشِّطُ أو تُثيرُ ذرّاتِ مادَّةِ الليزر. فتَبعثُ بعضُ الذرّاتِ فُوتوناتٍ؛ وهذه بدَورها تستثيرُ ذرّاتٍ أُخرى لِتَبْتَعِثَ فُوتوناتٍ في الاتِّجاه نَفْسِه. وتنْطلِقُ الفوتوناتُ متواليَةً جيئةً وذَهابًا بين المَرايا في جانِبَي الأنبوب.

المُحاسبةُ السَّريعة في المَتاجِر الكُبْرى

تَقرأُ البياناتُ الحاسوبيَّةُ المُرمَّزةُ في شفرةِ الأعمدةِ التَّسْعيريَّةِ على مُشترياتِك بضوءِ اللِّيزَرِ المُنْعكِس. وتُصْنَعُ اللّيازِرُ في قارئاتِ هذه الشَّفراتِ حاليًّا من أشباهِ المُوَصِّلات، لأنَّها تستهلِكُ قُدرةً أقلَّ بكثيرٍ من لِيازِر مَزيجِ الهِلْيوم والنِّيون التي كانت تُستخدَمُ في مُكِناتٍ سابِقَة.

اللَّيازِر الصِّناعيَّة

تَقْطَعُ اللّيازِرُ العاليةُ القُدرة صفائحَ الفولاذِ السَّميكة بالسُّهولة التي تَقْطَعُ فيها سِكّينٌ ساخِنةٌ قطعةً من الزُّبْد. واللّيازِر بالغةُ الأهمِّيَّة أيضًا في المِساحة، لأنَّ حُزَمَها تَسْري في خطٍّ مُستقيمٍ بغايةِ الدِّقَّة. وقد تمَّ تخطيطُ مَسارِ نَفَقِ القَناةِ الإنكليزيَّة بين فَرنسا وإنجلترا بواسطة اللّيزَر.

الهُولُوغرام صورة مُجسَّمةٌ (ثُلاثيَّةُ الابعاد) تؤخذُ بضوءِ الليزر. ويُمكِنُكَ الدورانُ حَوْلَ الصورة لِمُشاهدتِها من الجانب الآخر.



الصُّوَرُ المُجَسَّمةُ (الهُولُوغراميَّة)

تُؤخذُ الصورةُ العاديَّة بواسطةِ مجموعةٍ واحدة من الأمواجِ الضوئيَّة تَنْعكِسُ من الجِسْمِ إلى الفيلم. لكنْ بفَضلِ انتِظاميَّةِ ضَوءِ الليزر الفائقة، يُمكِنُ فَلْقُه إلى مَجموعتَينِ مَوجيَّتَينِ لإنتاجِ صورةٍ مُجَسَّمة. إحدى المَجموعتَين تنعكِسُ مُباشَرةً من الجِسْم، أمّا المجموعةُ الأُخرى فتصِلُ الفيلمَ من اتّجاهٍ مُختلفٍ دونَ المرورِ بالجِسْم. وحيثُ تَلتقي المجموعتانِ الموجيَّتان ينتجُ نَمَطٌ تداخليٌّ يُسَجَّلُ على الفيلم. فإذا أُنيرت الصورةُ الهولوغراميَّة بالشكلِ الصحيحِ تبدو مُجَسَّمةً ثُلاثيَّةَ الأبعاد.

تيودُور مَيْمان

طَوَّرَ جُورْدُون جاوْلد فِكْرَةَ الليزر عامَ ١٩٥٧، وهي فِكرةُ تعتمِدُ على نَظَريّاتِ أَلْبرت أينشْتَين في طبيعةِ الضوء. وصَمَّمَ تيودُور مَيْمان (من مواليد ١٩٢٧) أوَّلَ لِيزر عَمَليٍّ عام ١٩٦٠. جهازُ مَيْمان وَلَّدَ ضوءَ الليزر بتزويد بِلَّورةِ ياقوتٍ بالطاقةِ من أُنبوبٍ وَمّاض. وقد حقَّقَ لِيزر مَيْمان إنجازًا مُهِمًّا رُغمَ أنّه لم يتجاوزْ البِضْعَ سنتيمترات طُولًا.

لمزيدٍ من المعلومات انْظُر

أشباهُ الفِلِزّات ص ٣٩
الغازاتُ النَّبيلة ص ٤٨
السُّرعة ص ١١٨
الكهرباءُ التيّاريَّة ص ١٤٨
الصَّوتُ والضَّوء ص ١٧٧
الضَّوء ص ١٩٠

الضَّوءُ والمادَّة

لَعلَّكَ شعَرْتَ يَومًا بالحرارةِ المُنْبَعِثَةِ مِن طريقٍ مُعبَّدةٍ بالأسفَلْت في يَوم مُشمِس! فالأسفلْتُ لِسَوادِهِ يَمْتَصُّ الطاقةَ الضوئيَّةَ الساقِطةَ عليه فترتفِعُ درجةُ حرارتِه تدريجيًّا. السُّطوحُ السوداءُ تَمْتَصُّ الضوءَ، فيما السطوحُ البيضاءُ تَعكِسُه فتَسْخُن ببُطءٍ أكثَرَ عند تعرُّضِها لِلشَّمْس. لِذا فالملابسُ الفاتِحةُ اللونِ أبرَدُ من الدَّاكِنةِ في طقْسٍ حارّ. وكما الأشياءُ تَعكِسُ الضوءَ أو تمتَصُّه فإنَّ الموادَّ الشفَّافةَ، كالزُّجاج، تُنفِذُه. ويعتمِدُ مَظْهَرُ الجِسْمِ (أو المادَّة) لِلرائي على الطريقة التي يَمْتَصُّ فيها الجِسْمُ الضوءَ أو يَعكِسُهُ أو يُنفِذُه.

يَقْتُمُ لَونُ عدساتِ النظَّاراتِ الفوتوكروميَّةِ عند تعرُّضِها لِضوءِ الشَّمْسِ الساطِع.

الزُّجاجُ الفوتوكروميّ

في الضَّوءِ الخافِتِ يبدو الزُّجاجُ الفوتوكروميُّ شفَّافًا تقريبًا؛ لكنَّه يُصبِحُ قاتِمًا عندما يتعرَّضُ لِضوءٍ ساطِع. فالطاقةُ الضوئيَّةُ تُغَيِّرُ بِنْيَةَ بَعضِ جُزَيئاتِ الزُّجاجِ فتَمْتَصُّ ضوءًا أكثر. وهذه الخاصَّةُ عَكوسةٌ - ففي الظِّلِّ يعودُ الزُّجاجُ إلى صَفائه.

الأجسامُ الشَّفَّافةُ والشَّفَّةُ وغيرُ الشفَّافة

الموادُّ العاديَّةُ تتأثَّرُ بالضوءِ بطُرُقٍ مُختلفة. فالشفَّافةُ مِنها تُنْفِذُ كُلَّ الضوءِ الساقِطِ عليها تقريبًا؛ والشَّفَّةُ (شِبْهُ الشفَّافة) تُنفِذُ الضوءَ مُستطارًا في شتَّى الاتجاهاتِ بجُسَيماتٍ دقيقةٍ داخِلَها؛ أمَّا الموادُّ غيرُ الشفَّافةِ فلا تنفِذُ الضوءَ، بَلْ تعكِسُه أو تمتَصُّه.

تُنفِذُ المادَّةُ الشَّفَّةُ (شِبْهُ الشفَّافة) الضوءَ، لكنَّه يَسْتَطيرُ داخِلَها فتبدو لَبنيَّةَ اللون.

تُنفِذُ المادَّةُ الشفَّافةُ مُعظمَ الضوءِ الساقِطِ عليها، ويَنعكِسُ القليلُ منه - وهذا ما يجعلُنا نرى سَطحَ الزُّجاج.

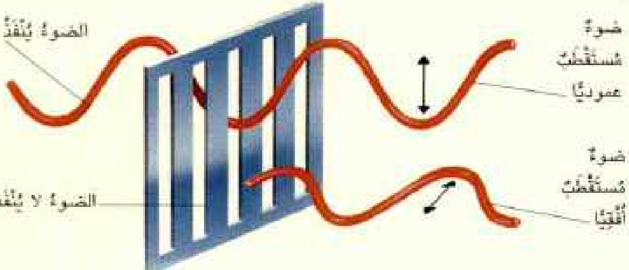
الموادُّ في مُعظمِها غيرُ شفَّافة، فلا تُنفِذُ شيئًا من الضوءِ بَلْ تُلقي ظِلالًا.

يَنعكِسُ الضوءُ عن مِلعقةٍ صَقيلةٍ بزاويةٍ تُساوي زاويةَ سُقوطِه عليها.



التَّفلْوُر

بعضُ الكيماويَّاتِ يَمْتَصُّ الضوءَ فوقَ البَنفسجيَّ ثُمَّ يُطلِقُ الطاقةَ ضوءًا مَرئيًّا؛ ويُعرَفُ هذا بالتَّفلْوُر. هذه الكيماويَّاتُ يمكِنُ استِخدامُها في صُنعِ الملابسِ والدِّهانات، وأقلامِ التلوين وحتَّى مُستَحضَراتِ التجميلِ «المُتوهِّجة». يَضَعُ مُصَنِّعو مَساحيقِ الغسيلِ كيماويَّاتٍ فَلْوُريَّةً في المُنَظِّفاتِ كي تبدو الملابسُ البيضاءُ أكثرَ بَياضًا في ضوءِ الشَّمْس.



الاستِقطاب

أمواجُ الضوءِ مُستعرِضةٌ، تتذبذبُ مُتعامِدةً مع اتِّجاهِ مَسارِها. النظَّاراتُ الشَّمْسيَّةُ المُستقطِبَةُ تُنفِذُ فقَطْ الضوءَ المُتذبذِبَ رأسيًّا؛ وهي بامتِصاصِها الضوءَ المُستقطَبَ أُفُقيًّا تُساعِدُ في تخفيضِ البَهَر.

زُرقةُ السَّماء

هلْ تساءَلْتَ يومًا لِمَ تبدو السماءُ زرقاءَ؟ السَّبَبُ هو أنَّ جُسَيماتِ الغُبارِ الدقيقةَ وبُخارَ الماءِ في الجوِّ تَستطيرُ (تُشَتِّتُ) ضوءَ الشَّمْسِ الأزرقَ، ذا الطولِ المَوجيِّ القصير، بشدَّةٍ أكثَرَ مِمَّا تَستطيرُ الضوءَ الأحمرَ ذا الطولِ المَوجيِّ الأطول. أمَّا حينَ ننظرُ في اتِّجاهِ مَغيبِ الشَّمْسِ عندَ الغُروب، فإنَّا نرى ضوءَ الشَّمْسِ المُحْمَرَّ اللامُسْتطار (غيرَ المُشتَّت).

لمزيد من المعلومات انظر

الصَّوت ص ١٧٨
الطَّيفُ الكَهرمغنَطيسيّ ص ١٩٢
الانعكاس ص ١٩٤
الانكسار ص ١٩٦

الظِّلال

تتكوَّنُ الظِّلالُ لأنَّ أشِعَّةَ الضوءِ تَسري في خُطوطٍ مُسْتَقيمة فلا تَلْتفُّ حَوْلَ الأجسامِ اللاشفَّافة التي تعترِضُ مَسارَها. وتعتمِدُ حِدَّةُ مَعالِمِ الظِّلِّ على المَصْدرِ الضوئيّ؛ فالمَصْدرُ النُّقطيُّ يُلقي ظِلالًا مُحَدَّدةَ المَعالِم، أمّا المَصدرُ المُمْتَدُّ (اللانُقْطيّ) فيُلْقي ظِلالًا غيرَ واضحةِ المَعالِم. والشَّمْسُ بِحُكم بُعدِها القاصي تَبدو كَمَصْدرٍ نُقطيٍّ تقريبًا؛ والظِّلالُ التي تلقيها هي ظِلالٌ مُحَدَّدةُ المَعالِم. أما المَصْدرُ الضوئيّ الأكثرُ امتِدادًا كأنبوبِ إنارةٍ فَلوريّ فيُلقي ظِلالًا أقلَّ وُضوحًا. ولَعَلَّ أكثرَ مَشاهِدِ الظِّلالِ رَوعةً هو كُسُوفُ الشَّمْسِ أو خُسُوفُ القَمَر.



المِزْوَلةُ الشَّمْسيَّة

يتحرَّكُ الظِّلُّ الذي تُلقيه المِزولةُ الشَّمْسيَّةُ تبعًا لِحركةِ الشَّمسِ الظاهريَّةِ عَبْرَ السَّماء؛ ويُسْتخدَمُ هذا التحرُّكُ في تحديدِ الوقت. وقد استُخدِمت أُولى المَزاوِلِ الشَّمْسيَّةِ في الصِّينِ منذُ أكثرَ من ٤٠٠٠ سنة، وكانت تتألَّفُ من عمودٍ رأسيٍّ بسيط.

الظِّلال

الشَّمْسُ لا تُلقي ظِلالًا حينَ تكونُ في سَمْتِ الرأسِ عند الظهيرة. لكنْ عندما تَغدو أخفَضَ، تستطيلُ الظلالُ حتّى تُصبِحَ أطولَ من الأجسامِ التي تُسَبِّبُها. هنالكَ قِسْمانِ لِلظِّلِّ الذي تُلقيه الشَّمْسُ - هما شُوَيداءُ الظِّلِّ وشِبْهُ الظِّلّ. فشُوَيداءُ الظِّلِّ هي المنطقةُ التي يَحْجُبُ فيها الجِسْمُ جميعَ أشِعَّةِ الشَّمْس. أمّا شِبْهُ الظِّلِّ فهي المنطقةُ التي يَحْجُبُ فيها الجِسْمُ الضوءَ الآتي من بعضِ أقسامِ الشَّمْس وليسَ من أقسامِها الأُخرى.



الكُسُوف

في أثناءِ الكُسُوف، يَمُرُّ القَمَرُ (وهو في المَحاق) بين الشَّمسِ والأرضِ فيُلقي ظِلًّا ضَخمًا على جُزْءٍ من سَطحِ الأرض. في مناطِقِ شِبْهِ الظِّلِّ يكونُ الكُسُوفُ جُزئيًّا؛ أمّا في شُوَيداءِ الظِّلِّ، فيَعْتُمُ النهارُ، كأنّه ليلٌ، بِضْعَ دقائقَ لاحتِجابِ الشَّمْسِ تمامًا.

شبهُ الظِّلّ
شُوَيداءُ الظِّلّ
القمر
الأرض
الشَّمس

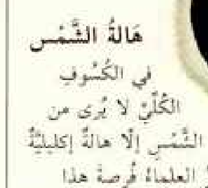
شِبْهُ الظِّلّ
شُوَيداءُ الظِّلّ

الخُسُوف

أحيانًا تَمُرُّ الأرضُ بين الشَّمْسِ والقَمَر (في لَيلةِ تمامِه) فتَحْجُبُه بِظِلِّها، ويُعرفُ هذا بالخُسُوف. في مركزِ الخُسُوفِ يُحْجَبُ القَمَرُ عن الرؤيةِ فترةً تزيدُ على ساعة. وفي أثناءِ الخُسُوفِ يُمكِنُ مُشاهدةُ ظِلِّ الأرضِ يتحرَّكُ على سَطحِ القَمَر.

الكُسُوفُ والخُرافات

قديمًا، وقَبْلَ الاكتِشافاتِ العلميَّةِ المُثبَتة، كانَ الكُسُوفُ حَدَثًا مُخيفًا - صوَّرَتْهُ الحضاراتُ القديمةُ كأنَّ غُولًا هائلًا يَبْتلِعُ الشَّمْس. لكنْ معَ تقدُّمِ العِلْم، وحِفْظِ السِّجلاتِ الفَلَكيَّة، تَوَضَّحَ أنَّ الكُسُوفَ أو الخُسُوفَ هما حَدَثانِ مُنْتَظِمانِ بحيثُ يُمكِنُ التنبُّؤُ بِزَمنِ حُدوثِهما.



هَالةُ الشَّمْس

في الكُسُوفِ الكُلِّيّ لا يُرى من الشَّمْسِ إلّا هالةٌ إكليليَّةٌ حَوْلَ قُرْصِها. ويَنْتَهِزُ العلماءُ فُرصةَ هذا الحَدَثِ لِدراسةِ نشاطِ الغازاتِ في هذه الهالة. كذلك فإنَّ الشُّوَظ (الشُّواظات)، التي لا تُرى عادةً، بتأثيرِ نُورِ الشَّمْسِ الغامِر، تُشاهَدُ عندَ الكُسُوفِ مُتَدلِّيةً فوقَ سَطحِ الشَّمْس.

لمزيد من المعلومات انْظُر
الضَّوء ص ١٩٠
الضَّوءُ والمادَّة ص ٢٠٠
الشَّمْس ص ٢٨٤
القَمَر ص ٢٨٨
عِلْمُ الفَلَك ص ٢٩٦

الألوان

تخيّلْ عالمًا كلُّ شيءٍ فيه بلونِ ضوءِ النّهار - أبيض. إنَّ الحياةَ فيه ستكونُ رتيبةً مملّةً ولا شكّ. فمِنْ حُسنِ الحظِّ أنَّ عالمنا مُشرقٌ ناضرٌ بالألوانِ البهيجةِ المتنوّعة. وتستطيعُ عيونُنا، بتركيبِها الرائع، تمييزَ الأطوالِ الموجيّةِ المختلفةِ للضوءِ المنظور كألوانٍ مختلفة. فكُلُّ طولٍ (أو جميعةِ أطوالٍ) موجيّةٍ ضوئيّةٍ هو (أو هي) لونٌ معيّن. وأطولُ هذه الأطوالِ الموجيّةِ المرئيّةِ هو الضوءُ الأحمر؛ وأقصرُها هُما الأزرقُ والبنفسجيّ. فإذا مُزِجَتْ كميّاتٌ متساويةٌ من جميعِ أطوالِ الضوءِ الموجيّةِ معًا، تكونُ النتيجةُ ضوءًا أبيض. يعتقدُ العلماءُ أنَّ الكثيرَ من الحيواناتِ لا يستطيعُ تمييزَ الأطوالِ الموجيّةِ المختلفة، فهي تعيشُ في عالمٍ لا تعرفُ اللونَ فيه.

الضوءُ الأبيضُ مزيجُ أطوالٍ موجيّةٍ من مختلفِ أجزاءِ الطّيف.

ضوءُ الشّمسِ مزيجٌ من جميعِ الأطوالِ الموجيّةِ من الأمواجِ الأطولِ للضوءِ الأحمرِ حتى أقصرِها للضوءِ البنفسجيّ.

الموشورُ يفلّقُ الضوءَ الأبيضَ ويفرّقُه إلى مقوّماتِه اللونيّة.

ألوانُ قوسِ القزح

يُمكنُ رؤيةُ الألوانِ المختلفةِ التي تؤلّفُ الضوءَ الأبيضَ عندما يفلّقُ موشورٌ حزمةً من الضوء، كاسرًا الأطوالَ الموجيّةَ المختلفةَ بمقاديرَ متفاوتةٍ، يفرّقُها إلى طيفٍ تستطيعُ رؤيتَهُ. الضوءُ الأحمر، الأكثرُ طولًا موجيًّا، هو الأقلُّ انكسارًا؛ واللونُ البنفسجيّ، الأقصرُ طولًا موجيًّا، هو الأكثرُ انكسارًا.

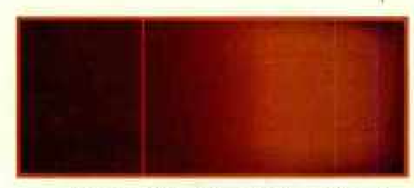
ينبَعِثُ قضيبٌ من الفولاذِ المُحمّى أمواجًا ضمنَ الطرفِ الأحمرِ من الطيفِ المنظورِ فقط.

مع زيادةِ إحماءِ القضيبِ يتحوّلُ لونُ جزئهِ الأسخنِ إلى الأصفر.

مع المزيدِ من الإحماء، القضيبُ الآنَ يبْتعِثُ معظمَ ألوانِ الطيفِ المنظورِ التي تمتزجُ معًا لتُعطي ضوءًا أبيض.

ألوانُ التّداخُل

الألوانُ الزّاهيةُ التي تُشاهِدُها أحيانًا على فقاقيعِ الصابونِ سببُها تداخُلُ الضوء. فأشِعّةُ الضوءِ الأبيضِ المنعكسةُ على الغشاءِ الداخليّ لِفُقّاعةِ الصابونِ تسري أبْعَدَ بقليلٍ من الأشعّةِ المنعكسةِ على الغشاءِ الخارجيّ. وتتداخلُ الأمواجُ في كلِّ شُعاعٍ بعضُها مع بعضٍ حيثُ تلتقي. فتُلغي بعضُ الألوانِ واحدُها الآخر، فيما تتضامُّ أخرى لتكوّنَ نُطُقًا لونيّةً على سطحِ الفُقّاعة.



يحوي الضوءُ الأبيضُ كُلَّ ألوانِ الطّيف.

المُرشّحُ الماجنْتيّ (الأحمرُ المُزرَقّ) يُنفِذُ الضوءَ الأحمرَ والأزرقَ ويمتصُّ الأخضر.



المُرشّحُ الأخضرُ يُنفِذُ النّطاقَ الأخضرَ فقط من الطيفِ ويمتصُّ النّطاقَيْنِ الأحمرَ والأزرق.

ماجنْتا (أحمرُ مُزرَقّ)

أصفر

سْيان (أزرقُ داكن)

يُمكنُ تأليفُ الضوءِ الأبيضِ بمزجِ الأحمرِ والأخضرِ والأزرقِ فقط.

درجةُ الحرارةِ اللونيّة

تبْتعِثُ جميعُ الأجسامِ أمواجًا كهرمغنطيسيّةً هي في الغالبِ غيرُ منظورة. لكنْ عِنْدَ إحماءِ الجِسْمِ تكتسِبُ هذه الأمواجُ طاقةً أكبر - فيزدادُ تردُّدُها وتقصُرُ أمواجُها تدريجيًّا حتى تبلُغَ الحدَّ المنظور. عند إحماءِ قضيبٍ من الفولاذ، كما أعلاه، يتوهّجُ أوّلًا بلونٍ أحمرَ كابٍ؛ ومع زيادةِ الإحماءِ يتحوّلُ إلى اللونِ الأصفر. وعلى درجةِ الحرارةِ الأشدّ، يبْتعِثُ القضيبُ معظمَ ألوانِ الطيفِ المنظورِ التي تمتزجُ معًا لتُعطيَ ضوءًا أبيض.

الأضواءُ الملوّنة

الأحمرُ والأخضرُ والأزرقُ - تُعرَفُ بالألوانِ الأوّليّة - ويمكنُكَ بمزجِ هذه الألوانِ الضوئيّةِ الحصولُ على أيِّ لونٍ آخرَ تقريبًا. فإذا مُزِجَ الضوءُ الأحمرُ والأخضرُ والأزرقُ بالنِّسَبِ الصحيحةِ يتكوّنُ الضوءُ الأبيض. وحيثُ يتراكبُ لونانِ أوّليّانِ فإنّهما يُنتِجانِ لونًا ثانويًّا؛ فالأحمرُ والأزرقُ يُنتِجانِ الماجنْتا، والأحمرُ والأخضرُ يُنتِجانِ الأصفر، والأخضرُ والأزرقُ يُنتِجانِ السّيان.

المُرشّحات

المُرشّحُ صفيحةٌ لدائنيّةٌ تمتصُّ بعضَ الألوانِ وتُنفِذُ أخرى. فالمرشّحُ الأخضرُ، مثلًا، يمتصُّ جُزأَيِ الطيفِ الأحمرَ والأزرقَ ويُنفِذُ النّطاقَ الأخضرَ فقط. أما المرشّحُ الماجنْتيّ (الأحمرُ المُزرَقّ) فيمتصُّ الضوءَ الأخضرَ ويُنفِذُ الأحمرَ والأزرق.

المزيدُ من المعلوماتِ انْظُر

الضوء ص ١٩٠
الطّيفُ الكهرمغنطيسيّ ص ١٩٢
مصادرُ الضوء ص ١٩٣
تأثيراتٌ خاصّة ص ٢٦٩

طَرْحُ الألوان

الأَجْسامُ غَيْرُ المُضيئةِ تَكْتَسِبُ أَلْوانَها بطريقةِ طَرْحِ الألوان. فهِيَ تَطْرَحُ الضوءَ من بعضِ أجزاءِ الطيفِ المنظور دُونَ الأَجزاءِ الأُخرى. فوَرَقةُ النَّباتِ الخضراءُ، مثلًا، تبدو خضراءَ لأنَّها تَمْتَصُّ كُلَّ ألوان ضَوءِ الشَّمْسِ تقريبًا ما عدا اللونَ الأخضرَ الذي تعكِسُه. الخُضُبُ والأَصْباغُ هي موادُّ طبيعيَّةٌ أو اصْطِناعيَّة، تُضافُ إلى الدِّهانات والحُبور (ج. حِبر) لِتُكْسِبَها ألوانَها. فالخِضْبُ الأحمرُ يمتَصُّ الأخضرَ والأزرقَ ويعكِسُ الضوءَ الأحمرَ فقط. والخِضْبُ الأزرقُ يمتَصُّ الأحمرَ والأخضرَ ويعكِسُ الضوءَ الأزرق. فبِامْتِصاصِها الألوانَ، تُضِيفُ هٰذه الموادُّ بالفِعْلِ لونًا للعالمِ الذي نعيشُ فيه!



حِرْباء

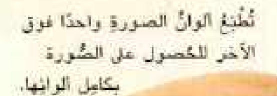
الاصْطِباغُ الطَّبيعيّ

يحوي جِلْدُ الحرباءِ خلايا صِبغيَّةً تتغيَّرُ حجمًا وشكلًا ليأتلفَ الحيوانُ مع ألوانِ الخَلفيَّةِ التي تُحيطُ به. وبهذه الوسيلةِ، فإنَّ الحرباءَ مُحكَمةُ التَّمَوُّه حين يتهدَّدُها الخَطَر. وقد طَوَّرتْ أسماكُ الصُّنَيْدج «لُغةَ تفاهُم» عِمادُها أنماطٌ من التَّغيُّراتِ اللونيَّةِ تتموَّجُ عَبْرَ أجسادِها.



ماجِنْتا (أحمرُ مُزْرَق)

أصفر



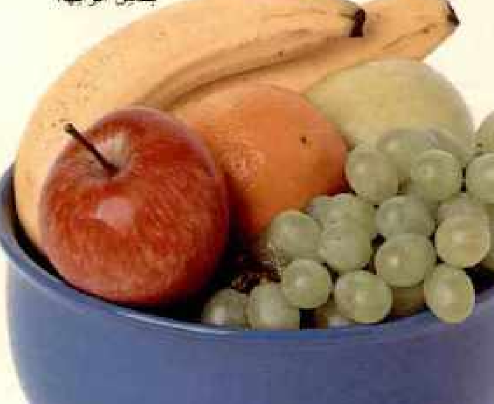
تُطْبَعُ ألوانُ الصورةِ واحدًا فوقَ الآخَرِ للحُصولِ على الصُّورةِ بكامِلِ ألوانِها.



يُعالَجُ اللونُ الأسودُ مُنْفصِلًا كي يَظْهَرَ النصُّ والخُطوطُ الكِفافيَّةُ واضحةَ المَعالِم.



سَيَان (أزرقُ داكن)



يَمْتَصُّ الأصفرُ الضوءَ الأزرقَ، ويعكِسُ مَزيجًا من الأحمرِ والأخضر.

يَمْتَصُّ الماجِنْتا الضوءَ الأخضرَ، ويعكِسُ مَزيجًا من الأحمرِ والأزرق.

يَمْتَصُّ السَّيَانُ الضوءَ الأحمرَ، ويعكِسُ مَزيجًا من الأزرقِ والأخضر.

مَزْجُ الدِّهانات

مَزْجُ الألوانِ في الدِّهاناتِ يَعْمَلُ بالطَّرْحِ اللونيّ. فحُبورُ الماجِنْتا والسَّيَانِ والأصفرِ يَمْتَصُّ كُلٌّ واحدٍ منها لونًا أوَّليًّا واحدًا فقط من الضوءِ الأبيض. فبِمَزْجِ أيِّ لونَيْنِ من هٰذه الألوانِ الثلاثةِ يَنْتُجُ دِهانٌ ناصِعٌ أوَّليُّ اللون. أمَّا مَزْجُ الألوانِ الثلاثةِ مَعًا فيُنْتِجُ اللونَ الأسود.

الطِّباعةُ الرُّباعيَّةُ الألوان

تُسْتَنْسَخُ جميعُ الصُّوَرِ الفوتوغرافيَّةِ والرُّسوم الإيضاحيَّةِ المُلوَّنةِ من أربعةِ حُبورٍ مُلوَّنةٍ فقط، هي: الماجِنْتا والسَّيَان والأصفرُ والأسودُ. إنَّ مَزْجَ هٰذه الألوانِ بِنِسَبٍ مُختلفةٍ يُنتِجُ جميعَ الألوانِ المُختلفةِ التي يُمكِنُنا رؤيتُها. فعِندما يُحَضَّرُ كتابٌ أو مَجَلَّةٌ للطباعة، تُمْسَحُ الصُّوَرُ المُلوَّنةُ لِفَرْزِ الألوانِ الأربعةِ هٰذه فوتوغرافيًّا. وتُستخدَمُ الأفلامُ مُستقِلَّةً لتحضيرِ صفيحةٍ طِباعيَّةٍ لِكُلِّ لَوْن.



في ضوءِ النهار، يعكِسُ زوجُ الأحذيةِ القُماشيُّ الأحمرُ الضوءَ الأحمرَ فقط ويمتصُّ جميعَ الألوانِ الأُخرى.

في الضوءِ الأزرق، يمتَصُّ الخِضْبُ الأحمرُ الضوءَ الأزرق، فيبدو الحذاءُ أسود.

زوجُ أحذيةٍ أحمر أو أسود؟

زوجُ الأحذيةِ القُماشيُّ الأحمرُ، أعلاه، يبدو أحمرَ في ضوءِ النهار، أو عِندما يُضاءُ بالضوءِ الأحمر لأنّه يعكِسُ الضوءَ الأحمرَ فقط، ويمتَصُّ جميعَ الألوانِ الأُخرى. أمَّا عندَ إضاءتِه بالضوءِ الأزرقِ فإنّه يبدو أسودَ، لأنَّ خِضْبَهُ الأحمرَ يمتَصُّ كُلَّ الضوءِ الأزرق؛ وليس مِنْ ضوءٍ أحمرَ ليَعْكِسَهُ.

شَجَرةُ «مَنْصِل» اللَّونيَّةُ

إذا سبَقَ لك وحاولْتَ مُضاهاةَ لَونٍ بدِقَّةٍ تامَّةٍ فلعَلَّكَ خَبِرتَ الصُّعوبةَ البالغةَ في ذلك. فالعينُ البشريَّةُ حسَّاسةٌ بشكلٍ يفوق التصوُّرَ للفوارقِ اللونيَّةِ الطفيفةِ جِدًّا حتى لتستطيعُ تمييزَ قُرابةِ عَشرةِ مَلايين تلوينةٍ مُتباينةِ الدرجة. إنَّ شَجرةَ مَنْصِلَ اللونيَّةَ هي نِظامٌ لتصنيفِ الألوان؛ بحيثُ تُقاسُ النُّقبةُ (اللَّوْنُ الأساسيّ) والتلوُّنيَّةُ (التَّشَبُّعُ اللوني) والجَلاءُ (إشراقُ اللون أو قَتامتُه)؛ ثمَّ يُوضَعُ كُلُّ لونٍ في موقعه على الشجَرة. فتُسْتَبانُ النُّقبةُ مِن مَوقعِها على مُحيطِ الشجرة، والتشبُّعُ اللونيُّ من بُعْدِه عن الجِذْع، والجلاءُ من مَوقِعِه على الجِذْع.

لمزيد من المعلومات انْظُر

الأصْباغُ والخُضُب ص ١٠٢
الطَّيْفُ الكهرمغنطيسيّ ص ١٩٢
الانْعِكاس ص ١٩٤
الألوان ص ٢٠٢

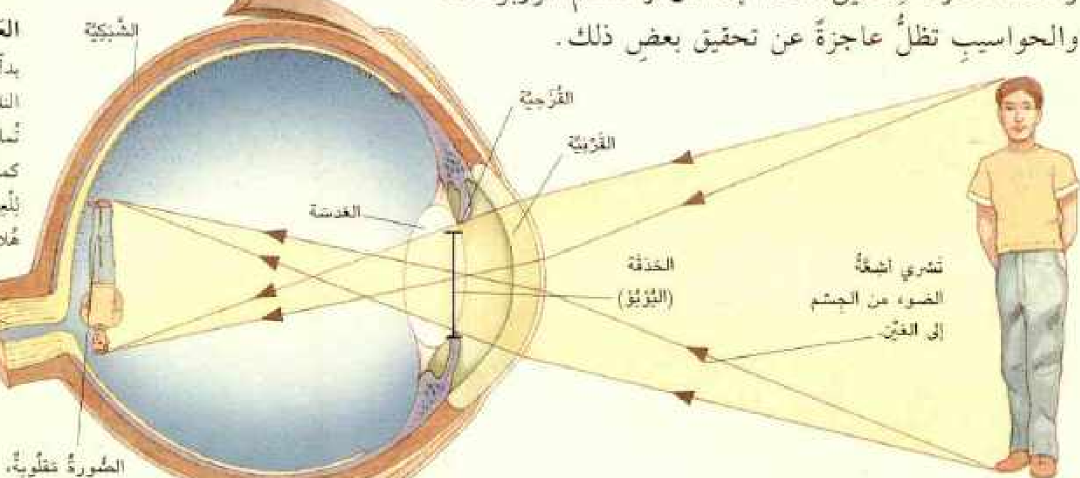
الإبْصار

الطريقةُ التي تَعْملُ بها العينانِ والدِّماغُ لإنتاج الصُّورِ فائقةُ الدِّقّةِ والتعقيد. فالضوءُ الذي تستقبِلُه شبكيَّةُ العَين، بعدَ انْكِسارِه المُكيَّف، تُحوِّلُه خلاياها الحسَّاسةُ للضوء إلى طاقةٍ كيماويَّةٍ؛ وهذه الطاقةُ تُفعِّلُ الأعصابَ لِتَنْقُلَ هذهِ الرِّسالةَ الكَهْرُوعَصَبيَّةَ إلى الدِّماغ الذي يُحلِّلها ويُجَسِّمُها ويُصدِرُ آنيًّا التعليمات المُناسِبَةَ لمُواجَهتها. وهذا ما نتمثّلُه في لاعِبِ التنس أو البيسبول الذي يَرْقُبُ بعينيه الطابةَ الصغيرةَ منطلِقةً نحوه بسُرعةٍ تُقارب ١٦٠كم/سا، فيُقدِّرُ دماغُه المدى والموقعَ الذي تَرِدُ منه الطابة، والحركةَ والاتجاهَ والشدَّةَ اللّازمةَ لِتحقيق ذلك. إنَّ أدقَّ وأضخمَ الروبوطات والحواسيبِ تظلُّ عاجزةً عن تحقيق بعضِ ذلك.

عدسة لاصقة

العَدَساتُ اللّاصِقة

بدلًا من النّظّارات العادية، يَضعُ الكثيرُ من الناسِ عدَساتٍ لاصِقةً – هي عدَساتٌ رقيقةٌ جدًّا تُماسُّ سَطحَ القَرْنِيَّة، فتُصَحِّحُ عُيوبَ الإبْصار، كما النّظّاراتُ التقليديّة، دونَ أن تكونَ باديةً لِلْعِيان. وتُصْنَعُ العدَساتُ الحديثةُ من مادّةٍ ليِّنةٍ، هُلاميّةِ القِوامِ تقريبًا، تطفو على سَطحِ العَيْن.

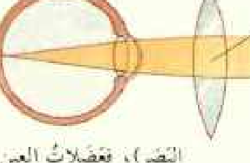


الصُّورةُ مَقْلوبةٌ، رأسًا على عَقِب، لأنَّ أشِعّةَ الضوء تتقاطعُ داخِلَ العَيْن؛ لكنَّ تأويلَ الدِّماغِ يَجْعَلُنا نَراها قائمةً.

تُفرِّقُ العَدَسةُ المُقعَّرةُ أشِعّةَ الضوء لتصحيح الحَسَر (قِصَر البَصَر).

مَدُّ البَصَر والحَسَر

تُغيِّرُ عضَلاتُ العَيْنِ شَكْلَ العدَسةِ لتركيزِ الضوءِ على الشَّبكيّة. فعِند مَديد البَصَر، لا تستطيعُ عضَلاتُ العينِ تحديبَ العدَسةِ بما فيه الكِفاية – فتتمركَزُ أشِعّةُ الضوءِ خَلْفَ الشّبكيّة. أمّا عند الحسِير (قصير البَصَر)، فعضَلاتُ العينِ قاصِرةٌ عن تخفيفِ تحدُّبِ العَدَسة بما فيه الكفاية – فتتمركَزُ أشِعّةُ الضوء أمامَ الشّبكيّة. ويُمكِنُ تصحيحُ كِلتا الحالتين بالعَدَسات.



تُركّزُ العدَسةُ المُحدَّبةُ أشِعّةَ الضوء لِتصحيح مَدّ البَصَر.

العَيْن

العَيْنُ البشريّةُ كُرَةٌ عاسِيَةٌ مَليئةٌ بسائلٍ ومُسْتَقِرَّةٌ في مَحْجِرٍ عَظْميّ. في مُقدّمتِها طبقةٌ شَفّافةٌ واقِيةٌ هي القَرْنِيّةُ التي تُسهِم أيضًا في تركيز الضوء. الجزءُ المُلَوَّنُ الظاهِرُ من العَيْن، هو القُزَحِيّةُ التي تضبطُ كمِّيّةَ الضوءِ المارِّ عَبْرَ حَدَقتِها (البؤبؤ)، فتُضيِّقُها في الضوءِ السّاطِع وتُوسِّعُها في الضوءِ الخافِت. ينْفُذُ الضوءُ إلى العدَسةِ فتُركِّزُهُ على الشّبكيّة، التي تحوي طبقةً من الخلايا الحسّاسةِ للضوء. هذه الخلايا تُرسِلُ، عن طريقِ العَصَبِ البَصَريّ، إشاراتٍ إلى المُخّ حيثُ تُؤوَّلُ إلى مَعلوماتٍ تؤلِّفُ عالَمَنا المَنْظور.

رُقعةُ الشِّطْرَنْج – كما تراها العَيْنُ اليُمْنى

الخُدَعُ البَصَريّة

كثيرٌ من المَعلومات التي نستنتِجُها من صُوَرِ الأشياءِ مَبْنيٌّ على مَعرفتِنا المُسْبَقةِ بما يجبُ أن تكونَه. فمثلًا نُقدِّرُ المسافةَ بيننا وبين جِسْمٍ ما لأنّنا نعرِفُ حَجْمَه الفِعليّ ونعرِفُ كم سيبدو حجمُه على بُعْدٍ مُعيَّن. لكنّنا قد نكونُ مَخدوعين! فالأخدوعةُ البَصَريّةُ قد تُضلِّلُنا فيما يتعلّقُ بالحَجْمِ النِّسْبيّ للجِسْم، بوَضْعِه في غيرِ موقِعِه المُتوقَّع. فالكُرَتانِ المُبيَّنتانِ هنا تبدوانِ مُتساويَتَي الحَجْم، لكنَّ الكُرَةَ الخلفيّةَ هي كُرَةُ قَدَمٍ والأماميّةَ هي كُرَةُ جُولْف.

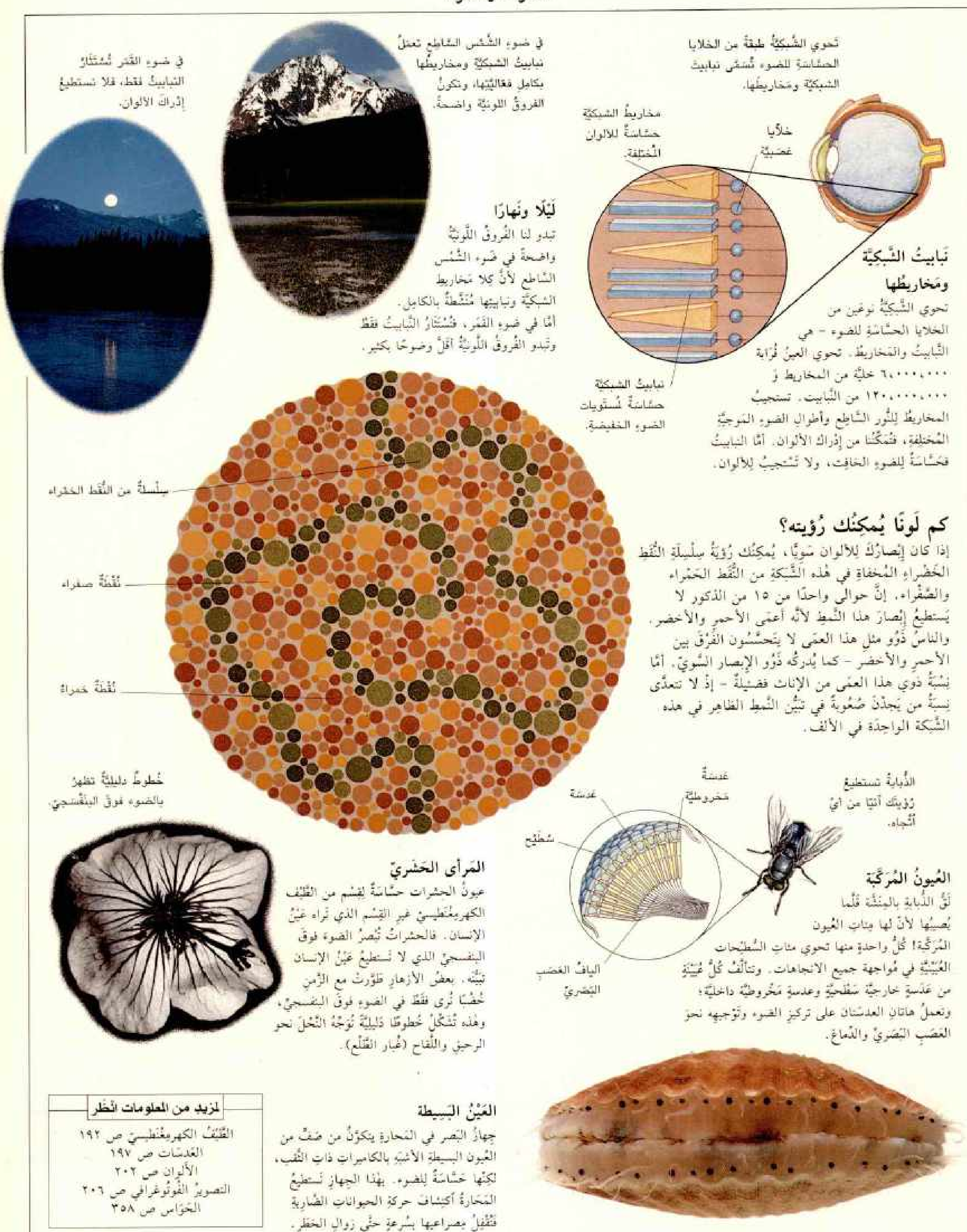


الكُرَتانِ تَبْعُدُ إحداهُما عن الأخرى بحوالى ٢,٧ متر

الإبْصارُ المُجَسَّم

الإبصارُ بعينَيْنِ اثْنتَيْن يُساعِدنا في تقدير مَواقع الأجسام وبُعدِها بدِقّة. فإذا نظَرْتَ إلى إصبَعِك، بعَيْنٍ واحدة أوّلًا ثمّ بالعَيْنِ الأخرى تجدُ أنّ إصبَعَكَ قد تحرّكَ من موقعه. وهذه الحَرَكةُ تزدادُ أكثرَ فأكثرَ كُلّما قرّبْتَ إصبَعكَ إلى عَيْنَيك. والدِّماغُ هو الذي يُوحِّدُ مَنظورَ العينَيْنِ اليُمْنى واليُسرى في صُورةٍ وحيدةٍ مُجَسَّمة (ثلاثيّةِ الأبعاد).

رُقعةُ الشِّطْرَنْج – كما تراها العَيْنُ اليُسْرى



نَبابيتُ الشَّبكيَّة ومَخاريطُها

تحوي الشَّبكيَّةُ نوعَين من الخلايا الحسَّاسة للضوء - هي النَّبابيتُ والمَخاريطُ. تحوي العينُ قُرابة ٦٠،٠٠٠،٠٠٠ خليَّة من المخاريط وَ ١٢٠،٠٠٠،٠٠٠ من النَّبابيت. تستجيبُ المخاريطُ لِلنُّور السَّاطع وأطوالِ الضوء المَوجيَّة المُختلفة، فتمكِّننا من إدراكِ الألوان. أمَّا النبابيتُ فحسَّاسةٌ لِلضوءِ الخافِت، ولا تستجيبُ لِلألوان.

لَيْلًا ونَهارًا

تبدو لنا الفُروقُ اللَّونيَّةُ واضحةً في ضَوءِ الشَّمسِ السَّاطع لأنَّ كِلا مَخاريطِ الشبكيَّة ونبابيتِها مُنشَّطةٌ بالكامِل. أمّا في ضوءِ القَمر، فتُستثارُ النَّبابيتُ فقط وتبدو الفُروقُ اللَّونيَّةُ أقلَّ وضوحًا بكثير.

كم لَونًا يُمكِنُك رُؤيته؟

إذا كان إبصارُكَ لِلألوان سَويًّا، يُمكِنُك رُؤيةُ سِلسلةِ النُّقط الخَضراءِ المُخفاةِ في هذه الشَّبكة من النُّقط الحَمراء والصَّفراء. إنَّ حوالي واحدًا من ١٥ من الذكور لا يَستطيعُ إبصارَ هذا النَّمط لأنَّه أعمَى الأحمرِ والأخضر. والناسُ ذوو مثلِ هذا العمَى لا يتحسَّسون الفَرْقَ بين الأحمرِ والأخضر - كما يُدركُه ذوو الإبصار السَّويّ. أمَّا نِسْبةُ ذوي هذا العمَى من الإناث فضئيلةٌ - إذْ لا تتعدَّى نِسبةُ من يَجدْنَ صُعوبةً في تبيُّن النَّمطِ الظاهرِ في هذه الشَّبكة الواحدةَ في الألف.

العُيونُ المُركَّبة

لَوْ الذُّبابةِ بالمِنشَّة قلَّما يُصيبُها لأنَّ لها مِئاتِ العُيون المُركَّبة! كُلُّ واحدةٍ منها تحوي مئاتِ السُّطيْحات العُيَيْنيَّة في مُواجهة جميع الاتجاهات. وتتألَّفُ كُلُّ عُيَيْنةٍ من عَدَسةٍ خارجيَّة سَطحيَّةٍ وعدسةٍ مَخروطيَّةٍ داخليَّة؛ وتعملُ هاتانِ العدستانِ على تركيزِ الضوء وتَوجيهِه نحوَ العَصَبِ البَصريّ والدِّماغ.

المَرأى الحَشَريّ

عيونُ الحشرات حسَّاسةٌ لِقسْمٍ من الطَّيْف الكهرمغنطيسيّ غيرِ القِسْم الذي تَراه عَيْنُ الإنسان. فالحشراتُ تُبصرُ الضوءَ فوقَ البنفسجيّ الذي لا تَستطيعُ عَيْنُ الإنسان تبيُّنه. بعضُ الأزهارِ طوَّرتْ مع الزَّمنِ خُطَطًا تُرى فقطْ في الضوءِ فوقَ البنفسجيّ، وهٰذه تُشكِّلُ خطوطًا دليليَّةً تُوجِّهُ النَّحلَ نحو الرحيقِ واللِّقاح (غُبار الطَّلْع).

العَيْنُ البَسيطة

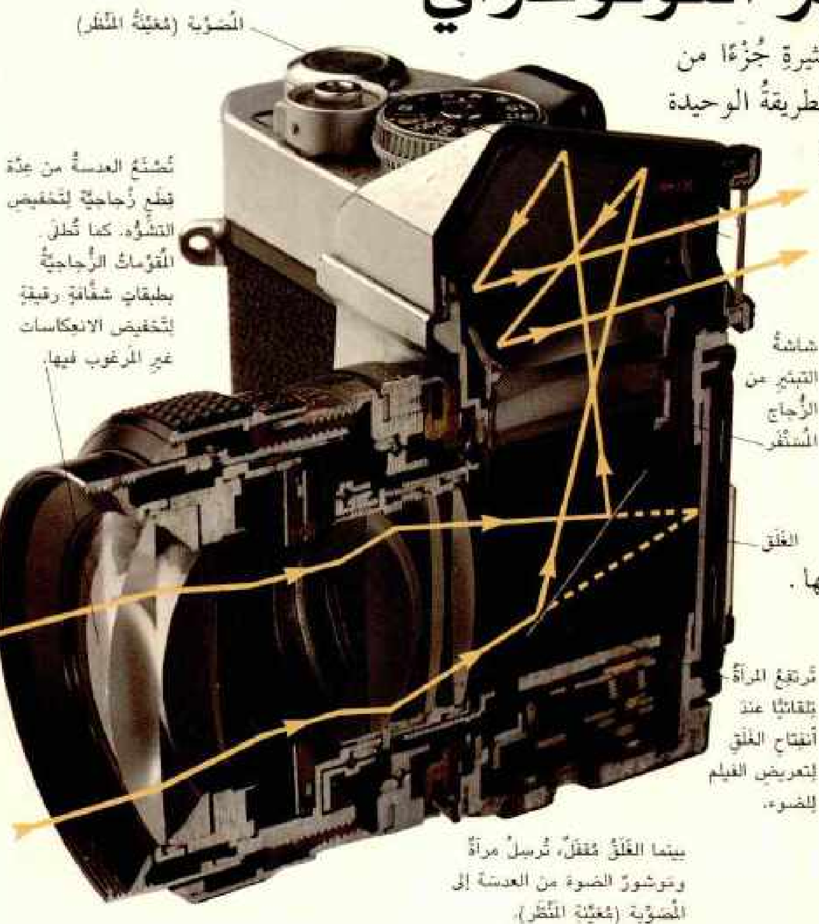
جِهازُ البَصر في المَحارة يتكوَّنُ من صَفٍّ من العُيون البسيطةِ الأشبَهِ بالكاميراتِ ذاتِ الثُّقب، لكنَّها حسَّاسةٌ لِلضوء. بِهٰذا الجهازِ تَستطيعُ المَحارةُ اكتِشافَ حركةِ الحيواناتِ الضَّارية فتُقفِلُ مِصراعيها بسُرعةٍ حتَّى زوالِ الخَطر.

لمزيد من المعلومات انْظر

الطَّيْفُ الكهرمغنطيسيّ ص ١٩٢
العَدَسات ص ١٩٧
الألوان ص ٢٠٢
التصويرُ الفُوتوغرافي ص ٢٠٦
الحَواس ص ٣٥٨

التَّصْويرُ الفُوتوغرافي

تُشَكِّلُ صُوَرُ الأخبارِ والرِّحلات والدِّعايات والأزياء المُثيرة جُزْءًا من حياتنا اليوميَّة، حتّى صارتْ شيئًا عاديًّا مألوفًا. وكانت الطريقةُ الوحيدة لِتَسجيل المشاهِد، حتّى القَرْنِ التاسِعَ عَشَر، هي رَسْمَها بأقلام الفَحم والحِبْر والشمع أو تصويرَها بالدِّهاناتِ المُلَوَّنة. وفي عام ١٧٢٧، اكتشفَ الطبيبُ الألماني، جوهان شُولْتز، أنَّ نِتراتَ الفِضَّةِ يَقْتُمُ لَونُها عند تعريضِها لِلضوء. لكن لم يتمَّ تحضيرُ أوَّلِ صورةٍ فوتوغرافيَّة إلّا حينَ نجحَ الفرنسيُّ، جوزيف نيپس، في تسجيل أوَّلِ صورة كيموضوئيَّة. وقد ظهرت الصُّوَرُ الفُوتُوغرافيَّةُ الأولى بِظِلالٍ رماديَّةٍ فِضِّيَّةٍ خافِتة، ولم تكُنْ تُرى إلّا من زوايا مُعَيَّنة فقَطْ. لكنْ كسائرِ الاكتِشافات العلميَّةِ الأُخرى، ظَلَّ العَمَلُ جاريًا من قِبَلِ الكثيرينَ على تحسينِها. وبالإمكانِ اليومَ رسمُ صُوَرٍ فوتوغرافيَّة إلكترونيَّةٍ على أُسْطُواناتٍ حاسوبيَّة بِاستِخدامِ كاميرا الڤيديو الساكِنة. فحَقَّقَ «التصويرُ الضوئيُّ» بذلكَ خَطواتٍ مُهِمَّةً.



بينما الغَلَقُ مُقفَلٌ، تُرسِلُ مِرآةٌ وَترشورٌ الضوءَ من العدسة إلى المُصَوِّبة (مُعَيِّنَة المَنْظَر).

الكاميرا

تَعْمَلُ جميعُ الكاميراتِ بتركيزِ الكَمِّيَّةِ الملائمةِ من الضوءِ على فيلم فُوتُوغرافيٍّ لِتكوينِ الصورة. ويُمكِنُ تَغييرُ هذه الكَمِّيَّةِ بتَعديلِ الفُتْحة - وهي الثَّقْبُ الذي يَمُرُّ الضوءُ من خِلالِه، وبتغييرِ زَمَنِ التعريض - وهو المُدَّةُ التي يَبْقى الغَلَقُ خِلالَها مَفتوحًا لِتمريرِ الضوء. ويحوي الكثيرُ من الكاميرات، كهٰذه الكاميرا الحديثةِ ذاتِ العَدَسةِ العاكِسة المُفْرَدة، مقاييسَ كَهْرضوئيَّةً مُبَيِّتَةً تَضْبِطُ التوافُقيَّةَ الصحيحةَ لِزَمَنِ التعريض وفُتْحةِ الكاميرا أُوتوماتيًّا.

ثَقْبٌ صغير

أشِعَّةُ الضوءِ من الجِسْم تسري بِخُطوطٍ مُستقيمةٍ عَبْرَ الثَّقْب الصغيرِ نحوَ السِّتارة.

الصورةُ مَقْلوبةٌ رأسًا على عَقِب.

الكاميرا ذاتُ الثَّقْب

أبسَطُ الكاميرات عُلبةٌ مُقْفَلَةٌ ذاتُ ثَقْبٍ صغيرٍ، بدلًا من العدسة، يُمرِّرُ الضوءَ بِاتِّجاه سِتارةٍ في مؤخَّرِ العُلبة. الصورةُ تكونُ غالبًا مُشَوَّشَةً، ويتطلَّبُ تَشكيلُها أوقاتَ تَعريضٍ طويلة.



القُمْرَةُ المُظلِمة

صُمِّمَت الكاميراتُ الأولى على نَسَقِ القُمْرَة (الحُجرة) المُظْلِمة. وكانت هٰذه تتألَّفُ من حُجرةٍ مُظلِمةٍ تُعرضُ فيها صُوَرُ المناظِرِ الطبيعيَّةِ المحيطةِ مُسْقَطةً من خِلال عَدَسة. ورُغْمَ كَونِها وسيلةَ تَسْلِيَةٍ ناجحةً في زمانِها، فإنَّه لم يكُنْ بالإمكان تسجيلُ صُوَرِها.

شَكْلُ وحَجْمُ الأفلام

كانت الصُّوَرُ الفُوتُوغرافيَّةُ الأولى تُسَجَّلُ على صفائحَ مَعدنيَّةٍ أو زُجاجيَّة. أمّا الأفلامُ الحديثةُ اللدائنيَّةُ المَرِنَةُ فهي أكثرُ تنوُّعًا وأدقُّ تِقانةً؛ وتُصْنَعُ بمَقاساتٍ وسُرعاتٍ واسِعَةِ المَدى لِتُلائمَ الأغراضَ المُختلِفة. إنَّ سُرعَةَ الفيلم هي مِقياسٌ لِكَمِّيَّةِ الضوءِ التي يجبُ أن تسقُطَ عليه للتعريض الصحيح. فالأفلامُ السَّريعةُ يَلْزَمُها زَمَنُ تعريضٍ قصير، مِمّا يَكفُلُ عدمَ تَضَبُّبِ الصورةِ مع اهتِزازِ الكاميرا. أمّا الأفلامُ الأبطأُ فتُسَجِّلُ تفاصيلَ أكثرَ لأنَّها بهٰذا التعريضِ تُكَوِّنُ حُبَيْباتٍ فِضِّيَّةً أدَقّ.

يستخدِمُ مُصَوِّرو الستوديوهات صفائحَ فيلميَّةً كبيرةَ القِطعيَّة لِتسجيلِ صُوَرٍ واضحةِ المَعالِم جدًّا.

الأفلامُ الملفوفةُ بعَرض ٣٥ملم هي أكثرُ الأحجام الفيلميَّةِ شُيوعًا.

حُجْرةٌ مُظلِمة

فِلمُ التصوير مَطليٌّ بكيماويّاتٍ حسّاسَةٍ لِلضوء؛ لِذا يَجبُ تَظْهيرُ الفيلمِ وطَبْعُه في حُجرةٍ مُظلِمَة. تنطوي طريقةُ إنتاجِ صُورةٍ فوتوغرافيّةٍ بالأبيضِ والأسودِ على مرحلَتين - وفي كُلِّ مَرْحلةٍ عِدّةُ خَطوات. عِند تَظهيرِ فيلم الصُّورِ المَطبوعة نحصُلُ أوّلًا على صورةٍ سَلبيّةٍ. ثُمّ نُحَوِّلُ هذه إلى صُورةٍ مُوجبةٍ بطَبْعِها على وَرَقةٍ فوتُوغرافيّة.



مَعالمُ في تاريخ التصوير الفُوتوغرافيّ

١٨٢٢ جوزيف نيبس يلتقطُ أوّلَ صورةٍ فُوتوغرافيّة.

١٨٣٩ لويس داجير يلتقطُ أوّلَ صورةٍ فوتوغرافية لِشخص.

١٨٤١ وِليَم فوكس تالبُوت يخترعُ طريقةَ التصوير سَلبيّةً داخلَ الكاميرا تُطبَعُ منها صُوَرٌ مُوجبةٌ لاحقًا.

١٨٦١ جيمس كْلارك ماكسويل يلتقطُ أوّلَ صورةٍ فُوتوغرافية مُلوّنة.

١٨٨٨ جورج إيستمانْ يُؤسّسُ شركةَ كُوداك لِتسويقِ الأفلامِ الملفوفةِ المَرِنةِ والكاميرات الصُّندوقيّةِ الرخيصةِ الثّمن.

١٩٤٨ إدوين لاند يُسَوِّقُ كاميرا البُولارويد لِلتصوير الفوري.

التظهير

في الحُجرة المُظلِمَةِ يُخرَجُ الفيلمُ المُعَرَّضُ من عُلبته ويُلَفُّ على بَكَرةٍ؛ ثُمّ يُغْمَسُ في مَغطِسٍ يحوي كيماويّاتٍ تُظهِرُ الصُّورة. بعدَ ذلك يُشطَفُ الفيلمُ بالماءِ وتُضافُ إليهِ كيماويّاتٌ أُخرى تُثبِّتُ الصُّورة.



التَّكْبيرُ والطَّبْع

يُمكِنُ طَبْعُ السَّلبيّةِ بعد شَطفِها بالماءِ وتَجفيفِها. فتُوضَعُ في جهازِ التكبير، ثمّ يُسلَّطُ عليها نورٌ ساطِعٌ، فتكوِّنُ عدسةُ الجهازِ لها صُورةً مُكَبَّرةً على ورقةٍ حسّاسَةٍ لِلضوء. بعدَ ذلكَ تُظهَرُ الطبعةُ المُكَبّرةُ ويجري تَثْبيتُها بالطريقةِ نفسِها كما الفيلم.

الأجزاءُ القاتِمةُ من السَّلبيّةِ تُمَرِّرُ ضوءًا أقلَّ من الأجزاءِ الأفتحِ لونًا.

مُعالَجةُ الألوان

الأفلامُ المُلَوَّنةُ تعمَلُ بطريقةٍ مُماثِلةٍ لأفلامِ الأسودِ والأبيض، لكِنْ تُغشّي الفيلمَ المُلَوَّنَ ثلاثُ طبَقات، كلٌّ طبَقةٍ حسّاسةٌ لِلَونٍ واحدٍ من الضوء - الأزرق أو الأخضر أو الأحمر. عِندَ مُعالجةِ الفيلم، تُضافُ إلى طبقاتِه أصباغُ الأصفرِ والماجنتا والسِّيان، فتَنتُجُ الصورةُ بكامِلِ ألوانِها.

جوزيف نيبْس

حَقّقَ جوزيف نيبس (١٧٥٦-١٨٣٣) أوّلَ صورةٍ فُوتُوغرافيّةٍ حينَ ركَّزَ المَنْظرَ، الذي تُطِلُّ عليه نافذَتُه، على صفيحةٍ من البيُوتر مَطْليّةٍ بالقارِ الحسّاس لِلضوء، وتركَها تتصلّبُ لمدّةِ ثماني ساعات. غيرَ أنّ شريكَه لويس داجير (١٧٨٧-١٨٥١) طوَّرَ فيما بَعْدُ طريقةً أكثرَ حساسيّةً (نَمَط داجير) تتِمُّ في أقلَّ من دَقيقةِ تعريض.

مُوجبةٌ مُلَوّنة وسَلبيّةٌ مُلَوّنة

هنالكَ نوعانِ من الأفلامِ المُلَوّنة، مُوجبةٌ وسالِبة. فعندما يُعالَجُ الفيلمُ المُلَوَّنُ المُوجِبُ يُعيدُ إنتاجَ الألوانِ التي تعرَّضَ لها، ويُعطي شريحةً شفّافةً مُوجبةً بالألوان. أما عِندما يُعالَجُ الفيلمُ المُلَوَّنُ السّالِبُ فإنّه يُنتِجُ صورةً سلبيّةً تتحوّلُ إلى صورةٍ مُوجبةٍ بعد طَبْعِها على وَرَقةٍ فُوتوغرافيّة.

سلبيّةٌ مُلوّنة

مُوجبةٌ مُلوّنة

فيلم البُولارويد

يُنتِجُ فيلم البولارويد صُورًا فوريّة. فعندما يُسْحَبُ الفيلمُ المُعَرَّضُ للضوءِ من عَبْوَتِه الفيلميّة، تَضغَطُ أسطوانتا التمليس كيماويّاتٍ على سَطحِه تُظهِرُ الصورةَ في حوالَي دقيقة. ويحوي الفيلمُ ذاتُه تِسْعَ طبَقاتٍ مُنفَصِلة، منها ثلاثٌ حسّاسةٌ لِلضوء. وخِلالَ التظهير تنتَشِرُ أصباغُ السِّيانِ والأصفرِ والماجنتا عَبْرَ الصُّورة.

عدسة

عبْوَة فيلميّة

غَلق

عامِلُ تَظهير

أسطوانتا تمليس

لِمَزيد من المعلومات انْظر



الفلزّاتُ الانتقاليّة ص ٣٦
الهالوجينات ص ٤٦
العَدَسات ص ١٩٧
الألوان ص ٢٠٢
الإبصار ص ٢٠٤
حقائقُ ومعلومات ص ٤١٢

السِّينما

كانتْ بِدْعَةُ تَسجيلِ الصُّور على أفلام حَدَثًا مُثيرًا جَعلَ النّاسَ يتطلّعون بِتوقٍ إلى تقَصّي سُبُلٍ لِتَسجيل صُورٍ مُتحَرِّكة. وكان توماس أديسُون أوّلَ من حقَّقَ ذلك عامَ ١٨٩٣، في أفلامٍ لا تَزيدُ مُدَّتُها على ١٥ ثانية، ولا تمكِنُ مُشاهَدتُها لأكثَر من شخصٍ واحدٍ في وقتٍ واحد، بِواسطة مَكِنَةٍ تُدعى الكِينِتوسكُوب أي مِكشافَ الحَرَكة. وفي العام ١٨٩٥ تمكّنَ الأخوان الفرنسيّان أوغَسْت ولويس لومْيير من عَرْضِ صورٍ متحرّكة على سِتارة لأوّلِ مَرّةٍ أمام نَظّارة. وكانت الأفلامُ الأولى رَقّافةً صامِتةً وبألوانِ الأبيض والأسود. ولم تَظْهَرْ أفلامُ هوليود الناطِقةُ إلّا عامَ ١٩٢٧. وفي الثلاثينيّات دخلت الأفلامُ المُلَوَّنةُ عالَمَ السينما. واليومَ أصبحَ خُبراءُ الصِّناعة السينمائيّةِ، لا خُبراءَ بارِعين في عَرْضِ القِصّةِ فقط، بل أيضًا خبَراءَ في مُختلِفِ مفاهيم عِلْمِ الصَّوت والضَّوءِ المُتَعلِّقةِ بِصِناعتِهم.

مقَرُّ مِصباح قوس الكربون

آلةُ العَرْضِ السينمائيّ

يتولّدُ ضوءٌ أبيضُ بالغُ الشِّدّةِ عندما يَسْري تيّارٌ كهربائيٌّ عَبْرَ فَجْوةٍ صغيرةٍ بين قضيبَيْنِ من الكربون. في آلةِ العَرْضِ السينمائيّ، أعلاه، طِرازِ الخمسينيّات، يُنتِجُ مِصباحُ قوسِ الكربون ما يَكفي من الضوء لإسقاطِ صورةٍ ساطِعةٍ على شاشةٍ كبيرة.

الفيلمُ السينمائيّ

الفيلمُ السينمائيُّ هو في الحقيقة سِلْسِلةٌ من الصُّوَرِ السّاكنة تُلتقَطُ واحدتُها تِلْوَ الأخرى بِسُرعةٍ. فالكاميرا السينمائيّةُ الحديثةُ تَلْتقِطُ ٢٤ إطارًا (صورةً) في الثانية. وعند عَرْضِ هذه الصُّوَرِ متابِعةً بالمُعدَّلِ نَفْسِه على الشاشةِ يَراها المُشاهِدُ مُتحرِّكةً - إذ تَظَلُّ العينُ مُحتَفِظةً بالصورةِ حتّى بعد مُرورِها.

الصَّوتُ مُسجَّلٌ على المُدرَّجِ الرَّفيع في جانِبِ الفيلمِ كخَطٍّ مُتمَوِّج. يَعْبُرُ الضوءُ المُدرَّجَ، خِلالَ العَرْض، إلى خليّةٍ كهرضوئيّةٍ، فتُحوِّلُه إلى إشاراتٍ كهربائيّة.

ينعكِسُ الضوءُ على الغَلَقِ المُقفَل ثُمّ يَنْحرِفُ بواسطة الموشور نحو المِصْوَبةِ بحيثُ يستطيعُ المُصَوِّرُ مشاهدةَ الصورة.

مِخْلَب

بوّابة

تيّارُ الصُّورة بتحريك العدَسة نحو الفيلم أو بعيدًا عنه.

الكاميرا السينمائيّة

في الكاميرا السينمائيّةِ الشَّغّالةِ، يَدورُ الغَلَقُ - فَتْحًا وغَلْقًا بالتناوُب ٢٤ مَرّةً في الثانية، عارِضًا أُطُرَ الفيلمِ كُلَّ إطارٍ بِدَوره. فعندما يكونُ الغَلَقُ مُقْفَلًا، يَشْتبِكُ المِخْلَبُ بالثُّقوبِ في جانِبِ الفيلم ويَسحَبُ الإطارَ التالي نحو البوّابة لِيتِمَّ تعريضُه. إنّ حَرَكةَ المِخْلَبِ والفيلمِ النَّخَعيّةَ هي التي تُسَبِّبُ الضجيجَ الأزّازَ الذي تسمَعُه كُلّما شُغِّلَت الكاميرا السينمائيّةُ أو آلةُ العَرْض.

تحريرُ الأفلام

يُلتقَطُ في تصويرِ الأفلامِ السينمائيّةِ أشرِطةٌ لِمدًى من الدقائق أكثَرَ مِمّا يُستخدَمُ في النُّسخةِ الأخيرةِ المُعَدّةِ للعَرْضِ - كما إنّ مُشاهِدَ الفيلم لا تُلتقَطُ مُتسَلْسِلةً. ومُهِمّةُ رئيسِ التحرير أن يَجْمَعَ الصُّوَرَ المُلتقَطةَ ثُمّ يُوَصِّلَها معًا بالترتيب الصحيح بحيثُ يَروي الفيلمُ القِصّةَ. وينطوي ذلك طَبْعًا على قَصِّ الأطوالِ المُختارةِ من الفيلم ولَزْقِها معًا.

كانت الزُّوتْروبُ من الدُّمى البَصَريّة الشائعة في القرن التاسع عشر.

الزُّوتْروب (أُسطوانةُ الأشكال المُتحرِّكة)

كانت دُمْيةُ الزُّوتْروب تتألّفُ من أُسْطُوانةٍ مُثقَّبةٍ بداخِلِها صَفٌّ من الصُّوَر، تَظْهَرُ كُلُّ واحدةٍ منها لِجُزْءٍ من الثانيةِ عَبْرَ ثَقْبٍ من الثُّقوبِ كُلّما دُوِّرَتِ الأُسطوانةُ. فإذا دُوِّرَتِ الأُسطوانةُ بِسُرعةٍ كافيةٍ فإنّ الصُّوَرَ تتداخَلُ بعضُها مع بعضٍ فتبدو كأنّها تتحرّك.

التِّلفِزْيُون والڤيديو

تتكوّنُ الحَرَكةُ على سِتارة التِّلفِزيون أو الڤيديو بطريقةٍ مُماثِلةٍ لِتكوُّنِها على الفيلم السينمائيّ. إنّ مُعظمَ أجهزةِ التِّلفِزيون تعرِضُ صورةً كاملةً ٢٥ مَرّةً في الثانية. وإذا تفحّصْتَ الصورةَ على شاشة التلفزيون بعدَسةٍ مُكَبِّرةٍ يُمكِنُكَ مُشاهَدةُ النُّقَطِ الحَمْراءِ والخَضْراءِ والزَّرْقاءِ التي تتألّفُ منها.

تتألّفُ الصورةُ من شِقَقٍ حُمْرٍ وخُضْرٍ وزُرْق.

تتجمّعُ النُّقَطُ لتكوِّنَ شِقَّة.

لمزيد من المعلومات انظر

التِّلفِزيون ص ١٦٦

تَسجيلُ الصوت ص ١٨٨

الضَّوء ص ١٩٠

التصويرُ الفُوتُوغرافي ص ٢٠٦

الأَرْض

الأرضُ ثالثُ الكواكبِ المَعروفة في المَجموعةِ الشَّمسيَّة من حيثُ البُعْدُ عن الشَّمسِ، وخامِسُها من حيثُ الحَجم، والوحيدُ من حيث تواجُدُ الحياة. تبدو الأرضُ لِلناظرِ مِن عَلُ ككُتْلَةٍ من اليابِسةِ والبحرِ والهواء؛ كُلُّها عُرضَةٌ لِلتغيُّر تبَعًا لِلتحرُّكات داخِلَ الأرض والطاقةِ المُنْبَعِثَةِ من الشَّمْس. الدراساتُ الأرضيَّة (الجيولوجيَّة) مُستمرةٌ والعلماءُ يُحقِّقون بأستمرارٍ اكتشافاتٍ جديدةً. وقد تفرَّعَ عِلْمُ الأرض (الجيولوجية) في القَرْن العشرين من وَصفِ ودراسةِ الصخورِ إلى دراسةِ مُختَلِفِ العُلوم المُتعلِّقةِ بتَركيبِها ومَظاهِرها وتاريخِها وتطوُّرها فيما يُسَمَّى «علومَ الأرض». ويَنْضوي في هذه العُلوم بعضٌ من التِّقانات الحديثةِ والكيمياءِ والفيزياءِ والبيُولوجية والعُلوم التطبيقية المختلفة؛ وهي بمَجموعِها تُسْهِمُ في زِيادة مَعرِفتِنا عن الكوكَبِ الذي نعيشُ فيه.

بالدِّراسة المُعَمَّقة لِلمعادن، تتكشَّفُ لنا كيمياءُ الأرض والموادُّ المُختلِفةِ التي تُنتِجُها العمليّاتُ الجيولوجيّة. وهذه الدراساتُ تعرفُ بالعدانة او علم المعادن.

تُكَوِّنُ المعادنُ المُختلفةُ الانواعِ صُخُورًا مُتباينةً. وتُستخدَمُ صُخورٌ مُختلفةٌ في تشييد المباني ورَصْفِ الطُّرق، او كموادَّ اوَّليَّةٍ في صناعة الكيماويّات. وعِلمُ الصخور هو واحدٌ من علوم الارض.

تُشادُ ناطحاتُ السَّحاب من الحجارة الصَّخريَّة مُدَعَّمةً بهياكِلَ من الفولاذ المُستخرَج من خامات الحديد؛ ويُصنَعُ زجاجُ نوافِذِها من الرَّمل؛ ويُستخدَمُ النِّفْطُ لِتشغيلِ مَكناتِ البنايَين. الجيولوجيةُ الاقتصاديةُ تَستخدِمُ المَبادئَ الجيولوجيَّةَ لاكتشافِ الموادِّ ذاتِ الجَدْوى العمليّة.

عِلمُ الأرض

عِلْمُ الأرض يشمَلُ دراسةَ الذرّاتِ والجُزيئات في الكيمياء الجيولوجيَّة كما دِراسةَ المَجرّاتِ في عِلمِ الكَوْنيّات. لقد تجمَّعَ لدينا في هذه المَجالات كَمٌّ هائِلٌ من المَعلومات عن الأرض، أسْهَمَ فيه الجُغرافيُّون والجيُولوجيُّون وعُلماءُ المُحيطاتِ والمُناخيُّون والفلكيُّون وغيرُهم. ويقومُ العُلماءُ المُختصُّون تدريجيًا بدراسة هذه الحقائقِ الجديدة وإيجادِ العلائقِ السَّببيَّة بينَها لِتكوين صورةٍ واضحةٍ عن بِنْيَةِ الأرض وتطوُّرِها عَبْرَ العُصُور.

يَنْبغي دِراسةُ بِنْيَةِ الصُّخور للتأكُّدِ من احتِماليَّتها قبلَ إرساءِ أساسِ المباني عليها، وقبلَ حَفْرِ الانفاقِ عَبْرَ الجِبال التي تُكوِّنُها. وتعالِجُ الجيولوجيةُ البِنْيَويّةُ طبيعةَ تحرُّكاتِ الصُّخور وتغيُّرَ اشكالِها.

يعتمدُ موقِعُ المَزرعة او المدينة على جُغرافيّةِ المنطقة وطبيعةِ الارض فيها. ويُعالِجُ عِلمُ شكلِ الارض (الجيومورفولوجية) دراسةَ شكلِ الارض وتضاريسِها الطبيعيّة الناتجةِ عن نوعيّةِ الصُّخور وبِنْيَتِها.



خارطةُ العالَم هذه مؤرَّخةٌ ١٥٩٨، في أنتوِرْب (بلجيكا).

يُمكِنُنا المُقارنةُ بين جيولوجية كوكَبِنا وبين جيولوجية جاراته الاقرب، والمُقابلةُ بين المراحلِ التاريخيّةِ التي مرَّتْ بها. ومَجالُ هذه الدِّراسةِ هو عِلمُ الكواكب.

الخرائطُ القديمة

في القرْنَيْن الخامِسَ عَشَرَ والسادِسَ عَشَرَ نَشِطَت الاكتِشافاتُ. فأقلَعَ البَحّارةُ من أوروبا في اتّجاهاتٍ مُتعدِّدةٍ لاكتِشافِ بلادٍ جديدة، أو لتوسيعِ إمبراطوريّاتِهم التجاريّة، أو للإبحارِ حَوْلَ الكُرةِ الأرضيَّة. وكان ما شاهَدوه في رِحلاتِهم، وما جَمَعوهُ من نماذجَ وعيّناتٍ، وما عادوا به من أخبارٍ وروايات أساسًا لِمُختلِفِ المَفاهيمِ القديمة عن الأرض.

أفكارٌ قديمةٌ حَوْلَ الأرض

كان بعضُ الهندوس، منذُ حوالى ١٥٠٠ سنة، يَعتقدونَ أنَّ الأرضَ مَحمولةٌ فوقَ أربعةِ فِيَلةٍ واقِفةٍ على ظَهْرِ لَجاةٍ عملاقة. إنَّ خُرافاتٍ كهذه، عن كيفيَّةِ نَشأةِ الأرض، هيَ جُزءٌ من التقاليد والأفكار العلميَّة القديمة في كُلِّ الحضارات. ومع تقدُّمِ العِلْم والتِّقانات، تقدّمتْ مَفاهيمُنا عن الأرض وكيفيَّةِ نَشأتِها. والأبحاثُ والتحاليلُ الجاريةُ والمُستمِرَّةُ تُقرِّبُنا أكثرَ فأكثرَ نحو تَفهُّمِ طبيعةِ كوكبِنا وكُلِّ ما يَحتويه.

تكَوُّنُ الأَرْضِ

منذُ حوالى ٥٠٠٠ مِليون سنة، لم تكُن الأرضُ سِوى سَحابةٍ من الغاز والغُبار تُدَوِّمُ في الفَضاء؛ كجُزءٍ صغيرٍ من سَحابةٍ هائلةٍ أكبَرَ مِنها بكَثير. ثُمَّ تكتَّلَتْ مُعظمُ موادِّ تلك السَّحابةِ الضَّخمةِ وتَمَرْكَزَتْ في الوسَطِ لتكَوِّنَ الشَّمسَ. وبدأَتْ حلقاتٌ من المَوادِّ، عَبْرَ باقي السَّحابة، تتجمَّعُ معًا لتُكَوِّنَ الكواكبَ؛ وكان كوكبُ الأرض أحدَها. والأرضُ، كَكُلِّ الكواكب، ذاتُ بِنْيَةٍ طَبَقِيَّة- موادُّها الأخفُّ في الطبقاتِ الخارجيَّة والموادُّ الأثقَلُ في اللُّبّ. وتُستَبانُ حَرَكةُ تَدويمِ السَّحابةِ الأصليَّةِ بِكُلِّيَّتِها من نَمطِ تحرُّكِ الأرض حاليًّا.

النظريَّةُ المُتجانِسة هي أولى النَّظريتَيْن حولَ كيفيَّة تكوُّنِ الأرض.

النظامُ الشَّمسيُّ بدأ كأسطوانةٍ مُدَوِّمةٍ من الغاز والغُبار.

بفِعْلِ الجاذبيَّة، تجمَّعت جُسَيماتٌ من جميع الأحجام بعضُها مع بعض في كُراتٍ آلَتْ في النِّهايةِ إلى كواكب.

جُسيماتُ الحديد والنيكل الثقيلةُ غاصتْ نحوَ المركز؛ وظلَّت الجُسيماتُ الأخفُّ في الطبقاتِ الخارجيَّة.

النظريَّةُ الثانيةُ حولَ تكوُّنِ الأرض هي النظريَّةُ المُتغايِرة.

النظامُ الشَّمسيُّ بدأ كأسطوانةٍ مُدوِّمةٍ من الغاز والغُبار.

تجاذبَتْ جُسَيماتُ الحديد والنيكل الأثقَلُ بعضُها مع بعضٍ بفِعْلِ الجاذبيَّة لتكَوِّنَ اللُّبَّ الثقيل في الكواكب. ونتيجةً لكُتَلِ الكواكبِ الضخمة أضحى لها قُوَّةُ جاذبيَّةٍ قويَّة.

الجُسَيماتُ الأخفُّ (كالسِّليكات، مثلًا) انْجذبَتْ إلى خارجِ اللُّبِّ الثقيل للكوكب؛ فيما تجمَّعتِ الغازاتُ الخفيفةُ جدًّا لتكَوِّنَ جوَّ الكوكب.

نظريَّتانِ في تكوينِ الكواكب

لم يتوصَّلِ العُلَماءُ بَعْدُ إلى تصوُّرٍ مُوَثَّقٍ لكيفيَّةِ تصلُّبِ سَحابةٍ مُدوِّمةٍ من الغازِ والغُبارِ لتكوِّنَ الأرضَ. فهناك في هذا الشأنِ نظريَّتان: الأولى، النظريَّةُ المُتجانِسة، وهي تفترِضُ أنَّ الموادَّ التي كوَّنَتِ الأرضَ قد تكتَّلَتْ معًا ثمَّ انفصلَتْ إلى طبقاتٍ مُختلفةٍ، أخفُّها في الطبقةِ العُليا. أمَّا الثانية، وهي النظريَّةُ المُغايِرة، فتفترِضُ أنَّ اللُّبَّ تكوَّنَ أوَّلًا من الموادِّ الثقيلة، ثمَّ تجمَّعتِ الموادُّ الأخفُّ حولَه.

يتكوَّنُ الدِّرْعُ القارِّيُّ المُسطَّح، المُسمَّى سيفَ القارَّة، بتجمُّعِ غِطاءٍ من الرُّسابات التي لم تعْترِها اضطرابات.

القِشْرةُ القارِّيَّة

تتكوَّنُ جبالٌ جديدةٌ بتغضُّنِ القارَّةِ تحت ضَغْطِ القِشْرة المُحيطيَّة.

التكَسُّراتُ في حافَّةِ هذه القِشْرة تبيِّنُ مواقِعَ انفصالها عن قارَّةٍ أخرى.

النُّطُقُ المُسطَّحة من القِشْرة القارِّيَّة تكوَّنَتْ من صُخورٍ قديمةٍ مُعوَّجةٍ ومُشوَّهةٍ أصبحت مَلْساءَ بفِعْلِ الحَتّ.

حيثُ تبْدأُ القارَّةُ بالانفلاقِ يظهرُ انْخِفاضٌ يُسمَّى وادي الخَسْف.

سِلْسِلةُ جِبالٍ تكوَّنَتْ من تصادُمِ قارَّتَيْن.

الجبالُ القديمةُ، كجِبالِ الرُّوكيز في كَندا، تكوَّنَتْ أصْلًا عند حافَّةِ القارَّة.

القِشْرةُ المُحيطيَّةُ المُنْصهِرةُ الصاعِدةُ عَبْرَ القارَّةِ تُحْدِثُ البراكين.

القِشْرةُ المُحيطيَّة

حَيْدٌ مُحيطيٌّ

البراكينُ عند الحُيُود المُحيطيَّة تدفَعُ الصُّهارةَ الصخريَّة إلى أعلى.

تتجمَّدُ الصُّهارةُ الصَّخريَّةُ مُكَوِّنةً طبقةً صخريَّةً كثيفة.

القِشْرةُ المُحيطيَّةُ الأقدمُ والأعمقُ هيَ الأبْعَدُ عنِ الحيودِ المُحيطيَّة.

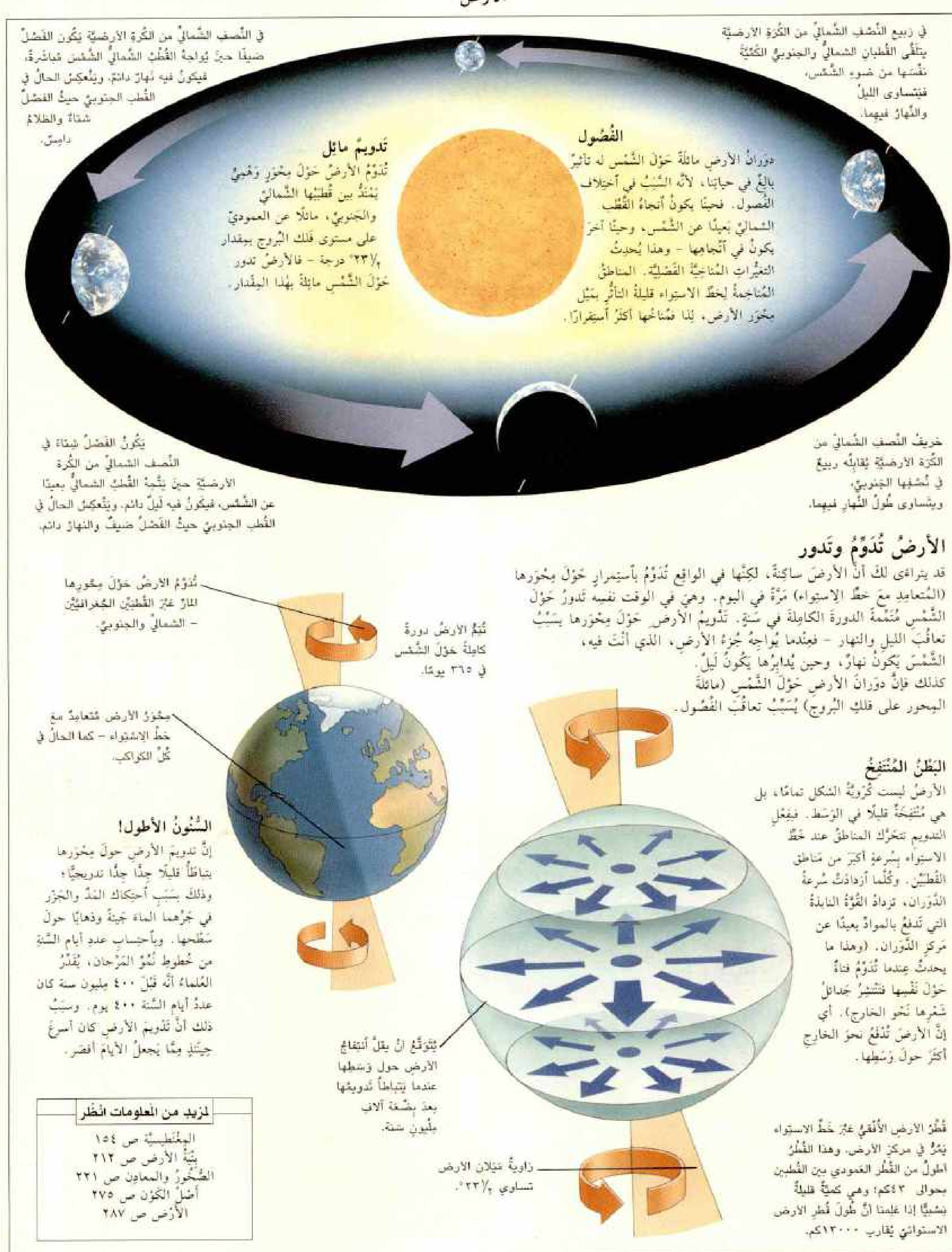
القِشْرةُ القارِّيَّة

طَبقةُ الأرضِ الخارجيَّةُ، التي تُشكِّلُ الكُتَلَ اليابِسَة، تُسمَّى القِشْرةَ القارِّيَّة. وتتكوَّنُ في مُعظمِها من صُخورٍ قديمةٍ إضافةً إلى موادَّ جديدةٍ تكتَّلَتْ كسَلاسِلَ جبليَّةٍ حَوْلَ الحوافّ. ويُستَبانُ التاريخُ المُعقَّدُ لِكُلِّ قارَّةٍ من بِنْيتِها المُعوَّجةِ المُتكسِّرة. تتألَّفُ القِشْرةُ القارِّيَّةُ بصورةٍ رئيسيَّةٍ من السِّليكا والألومنيُوم (السِّيال).



القِشْرةُ المُحيطيَّة

طبَقةُ الأرضِ الخارجيَّةُ في قاعِ المُحيطاتِ تُسمَّى القِشْرةَ المُحيطيَّة، وهي دائمةُ التكوُّنِ بفِعْلِ البراكينِ التي تدفَعُ الصُّهارةَ الصخريَّةَ إلى أعلى عند الحُيُودِ المُحيطيَّة. وتُدمَّرُ القِشْرةُ العتيقةُ مُتهاويةً سُفْلًا في الأخاديدِ المُحيطيَّة. تتألَّفُ القِشْرةُ المُحيطيَّةُ بِصُورةٍ رئيسيَّةٍ من السِّليكا والمَغْنيزيوم (السِّيما).



الفُصُول

دَورانُ الأرضِ مائلةً حَوْلَ الشَّمْسِ له تأثيرٌ بالِغٌ في حياتِنا، لأنَّه السَّبَبُ في اخْتِلافِ الفُصولِ. فحينًا يكونُ اتجاهُ القُطْبِ الشماليِّ بَعيدًا عن الشَّمْسِ، وحينًا آخرَ يكونُ في اتِّجاهِها – وهذا يُحدِثُ التغيُّراتِ المُناخيَّةَ الفَصْليَّةَ. المناطِقُ المُتاخِمةُ لِخطِّ الاستِواءِ قليلةُ التأثُّرِ بمَيْلِ مِحْوَرِ الأرضِ، لِذا فمُناخُها أكثَرُ اسْتِقرارًا.

تدويمٌ مائل

تُدَوِّمُ الأرضُ حَوْلَ مِحْوَرٍ وَهْمِيٍّ يَمْتَدُّ بين قُطبَيْها الشَّماليِّ والجنوبيِّ، مائلًا عن العموديِّ على مستوى فَلَكِ البُروجِ بمقدار ٢٣½° درجة – فالأرضُ تدورُ حَوْلَ الشَّمْسِ مائلةً بِهذا المِقْدارِ.

الأرضُ تُدَوِّمُ وتَدور

قد يتراءى لكَ أنَّ الأرضَ ساكِنةٌ، لكِنَّها في الواقِعِ تُدَوِّمُ باستِمرارٍ حَوْلَ مِحْوَرِها (المُتعامِدِ مَعَ خطِّ الاستِواءِ) مَرَّةً في اليومِ. وهيَ في الوقتِ نفسِه تدورُ حَوْلَ الشَّمْسِ مُتَمِّمةً الدورةَ الكامِلةَ في سَنَةٍ. تَدويمُ الأرضِ حَوْلَ مِحْوَرِها يُسَبِّبُ تعاقُبَ الليلِ والنهارِ – فعِنْدما يُواجِهُ جُزءُ الأرضِ، الذي أنْتَ فيه، الشَّمْسَ يكُونُ نهارٌ، وحين يُدابِرُها يكُونُ لَيلٌ.
كذلك فإنَّ دَورانَ الأرضِ حَوْلَ الشَّمْسِ (مائلةَ المِحورِ على فلَكِ البُروجِ) يُسَبِّبُ تعاقُبَ الفُصُولِ.

البَطْنُ المُنْتَفِخُ

الأرضُ ليست كُرَويَّةَ الشكلِ تمامًا، بل هي مُنْتَفِخةٌ قليلًا في الوَسَطِ. فبِفعْلِ التدويمِ تتحرَّكُ المناطِقُ عند خطِّ الاستِواءِ بِسُرعةٍ أكبَرَ من مَناطِقِ القُطبَيْنِ. وكُلَّما ازدادَتْ سُرعةُ الدَّوَرانِ، تزدادُ القُوَّةُ النابِذةُ التي تَدفَعُ بالموادِّ بعيدًا عن مَركزِ الدَّوَرانِ. (وهذا ما يحدثُ عِندما تُدَوِّمُ فتاةٌ حَوْلَ نَفْسِها فتَنْتَشِرُ جَدائلُ شَعْرِها نَحْوَ الخارِجِ). أي إنَّ الأرضَ تُدْفَعُ نحوَ الخارجِ أكثَرَ حولَ وَسَطِها.

السُّنونَ الأطول!

إنَّ تدويمَ الأرضِ حولَ مِحْوَرِها يتباطأُ قليلًا جدًّا جدًّا تدريجيًّا؛ وذلكَ بِسَبَبِ احْتِكاكِ المَدِّ والجَزْرِ في جَزْرِهما الماءَ جيئةً وذهابًا حولَ سَطْحِها. وباحْتِسابِ عددِ أيامِ السَّنةِ من خُطوطِ نُمُوِّ المَرْجانِ، يُقَدِّرُ العُلماءُ أنَّه قبْلَ ٤٠٠ مليون سنة كان عددُ أيامِ السَّنةِ ٤٠٠ يوم. وسَبَبُ ذلك أنَّ تدويمَ الأرضِ كان أسرعَ حينَئِذٍ مِمَّا يجعلُ الأيامَ أقصَرَ.

لمزيد من المعلومات انظر

المغْنَطيسيَّة ص ١٥٤
بِنْيَةُ الأرض ص ٢١٢
الصُّخورُ والمعادِنُ ص ٢٢١
أصْلُ الكَوْنِ ص ٢٧٥
الأرض ص ٢٨٧

بِنْيَةُ الأرض

كما قِشرةُ التُّفاحة تؤلِّفُ غِلافًا رقيقًا خارجيًا، هكذا القِشرةُ من سَطحِ الأرضِ بالمقارنة مع الطبقاتِ تحتَها . إنَّ حَجْمَ الأرض الهائلَ يجعلُ طريقةَ الحَفْرِ عديمةَ الجَدوى في الكَشْفِ عن حَقيقةِ ما يتواجَدُ في باطِنِها . لذا يَلجأُ العلماءُ إلى وسائلَ أخرى لِتحقيقِ ذلك . فمُعظمُ معلوماتِنا عن باطِنِ الأرض مُستمدٌّ من دراسةِ سُلوكِ مَوجاتِ الزّلازل في مُرورها عَبْرَ الأرض . وهكذا أستطاعَ علماءُ الجيولوجية على مَدى السنين، تكوينَ صورةٍ لأرضٍ مُتعدِّدةِ الطبقات ذاتِ مَركزٍ مَعدِنيٍّ جامدٍ مُحاطٍ بموادَّ أخفَّ وَزْنًا . وبِتزايُدِ معلوماتِنا عن بِنْيَةِ الأرض، يزدادُ إدراكُنا لِلطريقةِ التي تعملُ بها .

طَبقاتُ الأرض

الدِّثارُ العُلويُّ جامدٌ يحوي طبقةً رخوةً تسمّى الغِلافَ الصَّخريَّ، وهو يختلفُ عن الدِّثارِ السُّفليِّ بأنواعِ المعادِنِ التي يحتويها.

طبقةُ الأرض الخارجيّةُ تتألّفُ من القِشْرة وقِسْمٍ من الدِّثار العُلويّ – وهما يُشكِّلانِ معًا الغلافَ الصَّخريَّ.

يبلغُ سُمْكُ القِشْرةِ الأرضيّة ٦كم تحتَ المُحيطاتِ و ٣٥كم تحتَ اليابِسة.

يبلغُ سُمْكُ الدِّثار ٢٩٠٠ كيلومتر.

القِسْمُ الأسفلُ من الدِّثارِ يُؤلِّفُ القِسْمَ الأعظمَ من الأرض. ويتكوَّنُ من موادَّ صَخريّةٍ من المعادِنِ السِّليكاتيّة.

طبقةُ الأرض الوحيدةُ السّائلة هي اللُّبُّ الخارجيّ، ويبلغُ سُمْكُها ٢٠٠٠كم. وهي تتألّفُ من الحديد والنيكل وربّما موادَّ أُخرى كالكِبريت.

يبلغُ سُمْكُ اللُّبِّ الداخليِّ الجامِدِ ١٢٧٠كم؛ ويتألّفُ من الحديد والنيكل. وهو يَبقى جامِدًا بالرُّغم من حرارتِه الشديدة، بفعلِ الضغطِ الهائلِ عليه.

الاهتزازاتُ الزّلزاليّة

مركزُ الهزّةِ الأرضيّة

الأمواجُ الزّلزاليّةُ الثانويّة

الأمواجُ التضاغُطيّةُ الأوليّة

الأمواجُ الزّلزاليّةُ الأوليّةُ (السّريعة) المكتشفةُ في هذه المنطقة تعرّضتْ للانكسار بأختلافِ كثافةِ وسَماكةِ الدِّثارِ واللُّبِّ.

لا الأمواجُ الأوليّةُ ولا الثانويّةُ يمكنُ أكتشافُها هنا، لأنّها قد أنكسرتْ بتغيُّرِ الكثافةِ المُفاجئِ بين دِثارِ الأرض ولُبِّها.

المنطقةُ التي يُمكنُ أكتشافُ الأمواجِ فيها تُسمّى منطقةَ الظِّلّ.

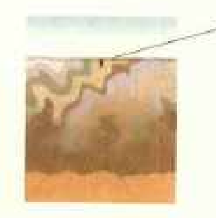
الأمواجُ الثانويّةُ لا تستطيعُ عُبورَ اللُّبِّ السّائل، فتُحجَزُ في هذه المنطقة؛ بينما تعبُرُ الأمواجُ الأوليّةُ.

الأمواجُ الزّلزاليّة

الأمواجُ الزّلزاليّةُ هي الاهتزازاتُ التي تُسبِّبُها الهزّاتُ الأرضيّة؛ فتَسري عَبْرَ باطنِ الأرض، ويُمكنُ تسجيلُها بالأجهزةِ الحسّاسة. هنالك نوعانِ من هذه الأمواج: الأمواجُ الأوليّةُ السّريعةُ الحركة والأمواجُ الثانويّةُ البطيئة. إنَّ فارقَ الوصولِ بين نوعَي الأمواجِ هذين، يوفِّرُ لعُلماءِ الجيولوجية مَعلوماتٍ قيِّمةً حَوْلَ مركزِ الزَّلزلة. كذلك فإنَّ أنكسارَ هذه الأمواجِ عَبْرَ الموادِّ المُختلفة يكشِفُ نوعيّةَ التغيُّراتِ في باطنِ الأرض.

طَبقةٌ فوقَ طَبقة

تتألّفُ الأرضُ من ثلاثِ طَبقاتٍ رئيسيّةٍ هي القِشْرةُ والدِّثارُ واللُّبّ. فالقِشْرة، أو الطبقةُ الخارجيّة، رقيقةٌ صُلبةٌ تتألّفُ في مُعظمِها من الصُّخور. والحرارةُ من باطنِ الأرض تُسبِّبُ أنصهارَ بعضِ الصَّخرِ في الدِّثار – في حين يبقى الصخرُ جامدًا في طبقاتِه السُّفلى بفعلِ الضغطِ الداخليِّ الأعظم. أمّا مَركزُ الأرض، أو اللُّبّ، فيتألّفُ من طبقةٍ خارجيّةٍ سائلةٍ تُلفُّ طبقةً داخليّةً معدنيّةً جامدة.



إنَّ مُقارنةَ عُمقِ أعمقِ بئرٍ في العالمِ بالسُّمكِ النسبيِّ لِطبقاتِ الأرض، يُعطي فكرةً عن سُمْكِ كُلِّ طَبقة.

البِئر الأعمق

في عام ١٩٩٠، حُفِرتْ أعمقُ بئرٍ في شِبهِ جزيرةِ كولا فيما كان يُدعى الإتّحادَ السوفياتي، وقد بلغَ عُمقُها ١٢كم وكان مُقرَّرًا لها أن تبلغَ ١٥كم. لكنْ للوصولِ إلى مَركزِ الأرض، هُنالك بُعْدُ ٦٣٥٥كم!

المُوهُو



يُعرَفُ الحَدُّ الفاصلُ بين قِشرةِ الأرضِ والدِّثارِ بالانقطاعِ الموهوروفيشكي أو المُوهُو – نِسبةً إلى الجيولوجيِّ البوغوسلافي أندريا مُوهوروفيشيك (١٨٥٧-١٩٣٦) الذي أكتشفَهُ عامَ ١٩١٠. دَرسَ مُوهُو في براغ (تشيكوسلوفاكيا) ودرَّسَ في زَغرِب بيوغوسلافيا. وقد لاحظَ أنَّ أمواجَ الزّلازلِ تتغيَّرُ عند مُرورِها عَبْرَ الطبقتَين.

مَجالُ الأرضِ المِغْنَطيسيّ

تعملُ الأرضُ كمِغْنَطيسٍ ضخم. والمِغْنَطيس كما نعلم (أنظر ص ١٥٤-١٥٥) يجذِبُ موادَّ مُعيَّنةً (كالحديد) إذا تواجدَتْ في نِطاقٍ حَوْلَه يُعرفُ بالمَجال المِغْنَطيسيّ. ولِكُلِّ مغنطيسٍ قُطْبانِ تميلُ الموادُّ المِغْنَطيسيّةُ إلى التجمُّع حَوْلَهما. قُطبا الأرضِ المِغْنَطيسيّان يقعانِ قُربَ القُطبَيْن الجُغرافيَّيْن الشماليّ والجنوبيّ؛ ويُعرَفُ مَجالُهما حولَ الأرض بالغِلاف المِغْنَطيسيّ - وهو غِلافٌ مشحونٌ يمتدُّ بعيدًا في الفضاء ويَقي الحياة على كوكبنا من إشعاعاتِ الشَّمْس المُؤذِية. ويتّخِذُ الغِلافُ المِغْنَطيسيُّ للأرض شكْلَ قَطرةِ دَمْعٍ بفعل التيّارِ المُستمرّ من الجُسَيْمات المَشحونةِ الصادِرِ من الشَّمْس، والمعروفِ بالرّيحِ الشَّمْسيّة.

مِغْنَطيسيّةُ الأرض

خُطوطُ القُوّةِ المِغْنَطيسيّة

تنْجذِبُ خطوطُ القُوّةِ المِغْنَطيسيّة نحو قُطْبَي الأرض المِغْنَطيسيَّيْن وبعيدًا عنهما.

اللُّبُّ الداخليُّ الجامِدُ يدورُ بِسُرعة مُختلفةٍ عن بقيّةِ الأرض.

الحرارةُ والضَّغطُ في باطِنِ الأرض يُبقِيانِ اللُّبَّ الخارجيَّ السائلَ في حَرَكةٍ دائمة.

مَصْدرُ المِغْنَطيسيّة

يَعتقِدُ العُلماءُ أنّ مَصْدرَ مِغْنَطيسيّةِ الأرض هو الطريقةُ التي يتحرّكُ بها قِسما اللُّبّ الداخليُّ والخارجيّ. فاللبُّ الداخليُّ الجامِدُ يدورُ بسُرعةٍ مُختلفةٍ عن بَقيّةِ الأرض، فيتولَّدُ المَجالُ المِغْنَطيسيّ بالقُوى نَفْسِها التي تعمَلُ على إدارة مُحرِّكٍ كهربائيّ. ويُعتقد أنّ تيّاراتِ الحَمْلِ الحراريّ في اللُّبّ السائل تؤثِّرُ أيضًا في المِغْنَطيسيّة.

تأثيراتُ الرّيح الشَّمْسيّة على مَجال الأرضِ المِغْنَطيسيّ

جُسَيْماتٌ مشحونةٌ (مُتأيّنة) من الشَّمْس

ينْجذِبُ بعضُ هذه الجُسَيْمات داخليًا نحو القُطبَيْن.

تُعْرَفُ حدودُ المَجال بمِنطقة الرُّكود المِغْنَطيسيّ.

المِنطقةُ حيث ينْضغِطُ المَجالُ المِغْنَطيسيُّ بالرّيح الشمسيّة تُسمّى الشَّوْنة (الكُدْسة) القوسيّة.

يُحتبَس بعضُ الجُسَيْماتِ من الشَّمْس قُربَ القُطبَيْن الجُغرافيَّيْن، فيتولّدُ حولَهما وَهَجٌ يُعرَفُ بالأضواءِ القُطبيّةِ الشماليّةِ أو الجنوبيّة.

الفضاءُ ضِمنَ المَجال المِغْنَطيسيّ يُسمّى الغِلافَ المِغْنَطيسيّ.

الذَّيلُ المِغْنَطيسيّ هو مِنطقةُ انْجِذابِ المَجال المغنطيسيّ بعيدًا بالرّيح الشَّمْسيّة.

وِلْيَم جِلْبِرت

كانَ طبيبُ الملكة إليزابيث الأولى، وِلْيَم جِلبِرت (١٥٤٤-١٦٠٣)، أوّلَ من أقامَ الدليلَ على أنّ الأرضَ تعملُ كمِغنطيسٍ ضخم. واستخدمَ جِلْبِرت في ذلك إبَرَ البُوصلات المِغْنَطيسيّةَ الأُفُقيّةَ والعموديّةَ المِحْور، التي تتحرَّكُ جانبيًا وعَموديًّا لتحديد المِغْنَطيسيّةِ في نقطةٍ ما على سَطح الأرض، وقُطْبَي الأرض المِغْنَطيسيَّيْن أو الجُغرافيَّيْن.

الانعِكاساتُ القُطبيّة

الوقتُ الحاضِر — اتِّجاهٌ عكسيّ — اتّجاهٌ عاديّ — مُنذُ ثلاثة ملايين سنة

إنعِكاسُ المِغْنَطيسيّة

يتغيّرُ المَجالُ المِغْنَطيسيُّ الأرضيُّ على الدوام. وأحيانًا كانَتِ التغيُّراتُ جذريّةً مُثيرةً بحيثُ انعكسَ المجالُ المغنطيسيُّ على نفْسِه بالكامِل، فتبادَلَ القُطبانِ الشماليُّ والجنوبيُّ المِغْنَطيسيّانِ مَوقِعَيهما؛ ويُعرَفُ هذا بالانعِكاس القُطبيّ. ونحن لا نعرفُ تعليلًا واضحًا لذلك، لكنّنا نَعلَمُ أنّ هذا الانعِكاسَ حَدَثَ حوالى عَشرِ مرّاتٍ في الثلاثة ملايين سنة الماضية.



المَعبَدُ القديم لرَمْسيس الثاني

الطُّوبُ المِغْنَطيسيّ

عندما يتجمّدُ الصَّخر، يُسجَّلُ ويُحفَظُ اتّجاهُ المَجال المِغْنَطيسيّ الأرضيّ في ذلك الزّمن، بواسطة المعادِن المِغْنَطيسيّة المُتواجِدة فيه. وهذا يَعني أنّ المَجالَ المِغنطيسيّ يُمكِنُ تَقصّيه في الطُّوب المَشْويّ منذ ٣٠٠٠ سنة كطُوبِ هذا المعبَد القديم لِرَمسيس الثاني.

الخُذْروفُ المُدوِّم

يتمايَلُ الخُذروفُ المُدوِّمُ جانبيًا حَوْلَ مِحْوره. وبطريقةٍ مُماثِلة يتغيّرُ موقِعُ القُطبِ الشماليّ والمِغنطيسيّ الأرضيّ باستمرار. ويَميلُ القُطبُ المِغنطيسيُّ للأرض عن الجُغرافيّ بحوالى ١١ دَرجة، وتعرفُ هذه بزاويةِ المَيْل.

مِحْوَرُ الدوران يتمثَّلُ بخَطٍّ عموديّ يَمُرُّ عَبْرَ المركز.

يُدوِّمُ الخُذْروفُ حَوْلَ مِحْوره مُغيِّرًا موقِعَه باستمرار.

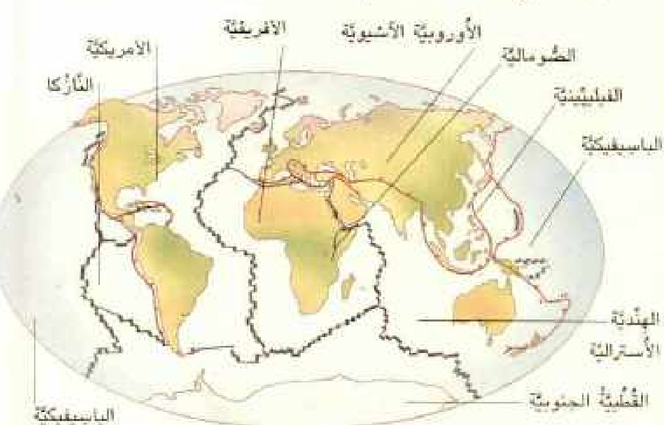
لمزيد من المعلومات انظر

المِغْنَطيسيّة ص ١٥٤
تكوُّنُ الأرض ص ٢١٠
القارّاتُ المتحرِّكة ص ٢١٤
الصُّخورُ والمعادِن ص ٢٢١
الصُّخورُ سجلّاتٌ جيولوجيّة ص ٢٢٦

القارَّاتُ المُتحرِّكة

ظَلَّ الناسُ آلافَ السِّنين يعتقدونَ أنَّ القارَّاتِ ثابتةٌ في مَواقِعِها دوما ؛ ثُمَّ تكشَّفَ عَكسُ ذلك تمامًا في السِّتينيَّات من القَرْنِ العِشْرين. فالواقِعُ أنَّ القارَّاتِ تَنجَرِفُ بٱستِمرارٍ حَوْلَ سَطْحِ الأرض، كما جُذوعُ الشَّجرِ الضخمةُ الطافيةُ فوق بحرٍ لَزِج ؛ ويُعرَفُ هذا بالانجراف القارِّيّ. كذلك فإنَّ قِيعانَ البِحارِ يُعاد تَدويرُها كُلَّ ٢٠٠ مليون سنة، ففي بعض المَواقِعِ المُسَمّاةِ حُيودًا في قاعِ المُحيط ترتفعُ الصُّهارةُ (الصَّخرُ المُنصَهِر) من طَبقاتِ الأرضِ الباطِنيَّةِ فتَجْمُد وتتحرَّكُ نحوَ الخارج قَبْلَ أنْ تُبْتَلَعَ في مَواقِعَ تُسَمَّى أخاديدَ المُحيط. وحديثًا دُمِجَتْ فِكرةُ ٱمْتِداد قِيعانِ البِحار هذه مع فِكرةِ الإنجراف القارِّيّ في نظريَّةٍ واحدةٍ هي نظريَّةُ تِكتونيَّات الكُتلِ الصَّفائحيَّة.

خارطةُ الكُتلِ الصفائحيّةِ للعالَم



الكُتلُ الصفائحيّةُ الأرضيّة

يُقَسَّمُ سَطحُ الأرض إلى عَدَدٍ من الكُتَلِ الصفائحيّة، الشبيهةِ بالشُّقَفِ البرّانيّةِ لِكُرَةِ القَدَم. كُلُّ صفيحةٍ تتنامى في أحدِ أطرافِها مُتحرِّكةً قُدُمًا ثُمَّ تُهْدَمُ في طَرَفٍ آخَر. ويُدعى طَرَفُ الصفيحةِ المُتنامي الحافَةَ الصَّفيحيّةَ البِنائيّة، وتقعُ هذه الحَوافُّ على طُولِ الحُيُودِ المُحيطيّة. ويُدعى طَرَفُ الصفيحةِ حيثُ يجري الهَدمُ الحافَةَ الصَّفيحيّةَ الهَدْميّة، وتقعُ هذه الحَوافُّ على طولِ الأخاديدِ المُحيطيّة. والقارّاتُ مُرْسَخةٌ في هذه الكُتَلِ الصَّفائحيّةِ وتتحرَّكُ بِتَحرُّكاتِها.

منذُ ٢٠٠ مليون سنة

منذُ ٥٠ مليون سنة

الزّمنُ الحاضِر

يُطلِقُ الجيولوجيّونَ على كُتلةِ اليابسِ الضخمةِ التي تَواجَدت منذُ ملايينِ السنين الاسمَ بانْجيا، اي امّ القارّات.

القارّاتُ المُتشابِكة

لَعَلَّ الدّلالةَ الأكثرَ وُضوحًا على تَحرُّكِ القارّاتِ هي أشكالُها. فالسّاحِلُ الغَربيُّ لأفريقيا والسّاحِلُ الشرقيُّ لأمريكا الجنوبيّةِ يَبْدُوانِ كَقِطعتَيْنِ مُوافِقَتَيْنِ من أُحجيةِ صُورٍ مُقَطَّعة - بحَيْثُ لو قُرِّبا لَكانَ تَوافُقُهما مُحكمًا. وهذا دليلٌ على أنَّ أفريقيا وأمريكا الجنوبيّةَ شَكَّلتا فيما مضى قِسمًا من قارّةٍ ضخمةٍ تَفَلَّقَتْ. وقد لُوحِظ هذا التوافُقُ بينَ القارَّتَينِ منذ القرنِ السابعَ عشرَ حينَ بدأ إعدادُ الخرائطِ يُصْبِحُ عِلمًا أكثرَ دِقَّة.

تتصادَمُ الكُتَلُ الصفائحيّةُ دافعةً اليابسةَ إلى أعلى لِتُشكِّلَ الجِبال.

إذا تصادمَتْ قارَّتانِ ولم تُخْفَضْ إحداهُما (سفْلًا) فإنهما تتغضَّنانِ فقط لِتُشكِّلا سَلاسِلَ جبَليّة.

يتكَوَّنُ أُخدودٌ مُحيطيٌّ حيثُ تتلاقى صفيحتان. فتَهْبِطُ المادّةُ الصفيحيّةُ القديمةُ إلى داخِلِ الدِّثار وتتقوَّضُ، وتُشكِّلُ البقايا المُنصهِرةُ براكينَ على الصفيحةِ فوقَها.

حَيْدٌ مُحيطيٌّ حيثُ تُدفَعُ مادّةٌ صفيحيّةٌ جديدةٌ إلى أعلى.

الغِلافُ المائِع (نِطاقُ الإنسياب)

تتألّفُ الكُتلةُ الصفيحيّةُ المُتحرِّكةُ من القِشْرةِ المُحيطيّةِ والطبقةِ العُليا الجامدةِ من الدِّثار.

فرِدْريك ڤاين ودرامُونْد ماثيُوز

لَيسَ مِنَ العَسيرِ إيجادُ شَواهِدَ على تَحرُّكِ القارّات، لكنِ العَسيرَ هو إيجادُ علاماتٍ دَلاليّةٍ على ٱمتِدادِ قِيعانِ البحار. وكان الجيُوفيزيائيّانِ البريطانيّان، فرِدْ ڤاين ودرامُوند ماثيُوز، أوّلَ مَن أدرَكَ أهميّةَ أحدِ هذه الأدِلّة، عامَ ١٩٦٣. فبيّنا أنَّ نَمَطَ الحُزَزِ المِغْنَطيسيّةِ في صُخورِ قِيعانِ البِحار هو بُرهانٌ مُقْنِعٌ على ٱمتِداد هذه القِيعان.

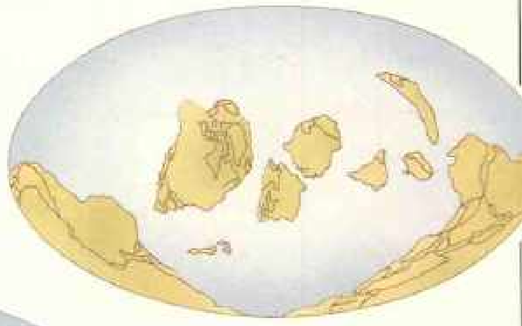

د. ماثيُوز


ف. ڤاين

الغِلافُ الصخري

تتألّفُ الصفائحُ الأرضيّةُ من القِشْرةِ ومن الطبقةِ العُليا الجامدةِ لِلدِّثار. وتُعرَفُ هذه الطبقةُ بالغِلافِ الصخري. تحتَ هذا الغِلافِ توجَدُ طبقةٌ من الدِّثار، تُدعى الغِلافَ المائِع، وهي طبقةٌ رِخْوةٌ تُزَلِّقُ ٱنْسِيابَ الصفائحِ الجامدةِ فوقَها. في الحُيودِ المُحيطيّة، تتخلَّقُ الصخورُ المُتصلِّبةُ بِفِعلِ البراكين، وهذا يدفعُ صَفيحتَيْنِ بَعيدًا عن بَعضِهما. أمّا الأخاديدُ المُحيطيّةُ فتتكوَّنُ حيثُ تتلاقى صفيحتانِ وتُخْفَضُ (أو تُطرَحُ) إحداهُما تحتَ الأخرى وتُدَمَّر.

تحرُّكُ القارّات



شَواهِدُ أُمّ القارّات

هنالِكَ العَديدُ من الشّواهِدِ على أنّ اليابِسَ من الأرض كانَ فيما مَضى قارّةً واحدة. والعديدُ من البَراهين يُثبِتُ ذلك؛ فقد وَجدَ الجيولوجيّون، مثلًا، أجزاءً من السّلسلةِ الجبليّة القديمة نَفْسِها في قارّات مُختلِفة. كما وُجِدَتْ أيضًا أحافيرُ للحيوانات نفسِها مُنتشِرةً في مُختلِف أرجاءِ الأرض، مِمّا يُبيِّنُ أنّ هذه الحيواناتِ تواجَدَتْ سالِفًا في قارّةٍ واحدةٍ ضَخمة.



وُجِدَتْ أحافيرُ زَواحفِ المِياهِ العَذْبةِ السبّاحةِ «ميزوسُورَس برازِيلِيَنْسِز»، في جَنوبِ إفريقية والبَرازيل.

ما قَبْلَ أُمّ القارّات

قَبْلَ أُمِّ القارّات، كانت كُتَلُ اليابِسَةِ قارّاتٍ مُنفصِلةً مُنتشِرةً عبْرَ الكُرةِ الأرضيّة. لكنّها كانت مُختلِفةً جِدًّا عن القارات اليومَ. ثُمّ أخذَتْ تلك القارّاتُ تتقارَبُ بَعْضُها نَحْوَ بعضٍ بِبُطءٍ شديد.

أُمُّ القارّات

منذُ حوالى ٣٠٠ مِليون سنة، تضامَّتْ جميعُ قارّاتِ ذلك العَصْر، فشكّلتْ قارّةً شاسِعةً واحدةً، يُسمّيها الجيولوجيّون أُمَّ القارّات. ودامَتْ هذه القارّةُ العِملاقةُ قُرابةَ ١٠٠ مِليون سنة. ثُمّ بدأتْ تنفَلِقُ إلى شَطْرَيْن - شماليٍّ يُدعى لُوراسيا، وجنوبيٍّ يُدعى جُنْدُوانا.



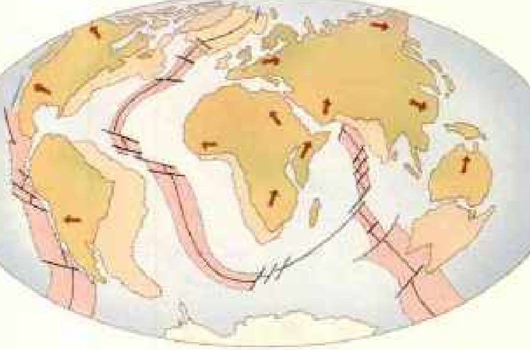
شاهِدٌ أُحفوريّ

أحافيرُ حيوانِ الميزُوسورَس التي عُثِرَ عليها في البرازيل مُطابِقةٌ تمامًا لأحافيره التي وُجِدَتْ في إفريقية الجَنوبيّة. إنّ مِثْلَ هذا الحيوان يَسْتحيلُ عليه قَطْعُ المُحيطِ الأطلَنطي، مِمّا يُبيِّنُ أنّه عاشَ في عَصْرٍ كانت أمريكا وإفريقية فيه مُتّصِلتَيْن. فعِندما تباعَدتِ القارّتان فَصَلَ المُحيطُ الأطلنطي بينَ الأحافيرِ. كما وُجِدَتْ أيضًا أحافيرُ النّباتِ نَفْسِه، من العَصْرِ نَفْسِه، في أمريكا الجنوبيّة وإفريقية والهِند وأستراليا ومِنْطَقةِ القُطبِ الجنوبيّ.

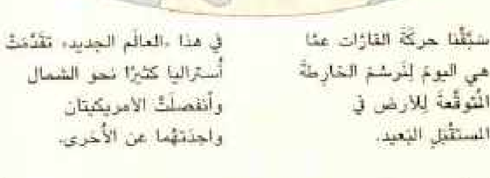
مُستقبَلُ القارّات

منذُ حوالى ٢٠٠ مِليون سنة، بدأتْ أُمُّ القارّات بالتّفَلُّقِ وانفصلَتْ قارّاتُ اليوم مُتباعِدةً بعضُها عن بعض. ولا يَزالُ هذا التباعُدُ مُستمِرًّا مُنْذئِذٍ بِمُعَدّلِ بضعةِ سَنْتيمترات في السنة (تقريبًا بِمُعَدّلِ نُموِّ أظفارِ أصابعك).

فمَواقِعُ القارّاتِ اليومَ هي مَواقِعُ مُؤقّتة؛ وقد تكونُ خارطةُ العالَم في المُستقبَلِ غَريبةً بِقَدْرِ غَرابةِ خريطةِ العالَم قديمًا.



سَبَقْنا حركةَ القارّات عمّا هي اليومَ لِنَرسُمَ الخارِطةَ المُتوقّعةَ للأرض في المستقبَلِ البَعيد.

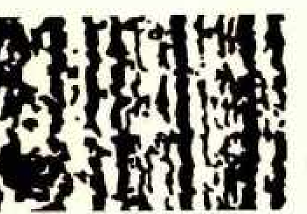


في هذا «العالَم الجديد» تقدّمَتْ أستراليا كثيرًا نحو الشمال وانفصلَتْ الأمريكيّتان واحدتُهما عن الأُخرى.

كولُمْبُوس

عام ١٤٩٢، أبْحَرَ المُكتشِفُ الإيطاليُّ المَوْلِد، كريستوفر كولُمْبُوس، عبْرَ الأطلنطي؛ واستغرقَتْ رِحلَتُه ٧٠ يومًا. ولو أنّه قامَ برحلتِه في وقتِنا الحاضِر لاستغرقَتِ الرِّحلةُ ذاتُها أكثرَ بقليل! إذْ إنّ المَسافةَ بين أمريكا الشماليّةِ وأوروبا اليومَ أبعدُ قليلًا عمّا كانت عليه في حينِه - فالمُحيطُ الأطلنطيّ أوسَعُ الآنَ بِعَشرةِ أمتارٍ عمّا كانَ عليه منذُ ٥٠٠ سنة!

سفينةُ كولُمْبُوس



هذه الصورةُ تُبيِّنُ حُزَزًا مِغنطيسيّةً في كُلِّ طبقةٍ من الخَيْدِ المُحيطيّ.

عِنْدما يَنْبجسُ الصَّخْرُ من الخَيْد، فإنّه يَتمغْنَطُ بِاتّجاه الشمالِ المِغْنطيسيّ لذلك العَصْر.



كُلُّ بِضْعةِ ملايينِ سنةٍ، يَنْعكِسُ المَجالُ المِغنطيسيُّ الأرضيّ، فيُصبِحُ القطبُ الشماليُّ قُطبًا جَنوبيًّا. وتكتسِبُ الصخورُ المُتكوِّنةُ في ذلك العَصْرِ تراصُفًا مِغْنطيسيًّا مَعكوسًا.

خَيْدٌ مُحيطيّ

الحُزَزُ المِغنطيسيّة

تتمغْنَطُ صخورُ قاعِ البحرِ حُزَزًا. فالشّريحةُ الصخريّةُ المُمَغْنَطةُ بِاتّجاه القُطبِ الشماليّ المِغنطيسيّ الحاليّ تتوضّعُ مُوازِيةً للشريحةِ المُمَغْنَطةِ سابِقًا بِاتّجاهٍ مُعاكِس. وقد وجدَ الجيولوجيّون هذا النمطَ نَفْسَه من الحُزَزِ على جانِبَي الخَيْدِ المُحيطيّ؛ وذلك دَليلٌ بيِّنٌ على امْتِدادِ قِيعانِ البِحار.

قاعُ المُحيط

الصُّخورُ المُتاخِمةُ للخَيْدِ المُحيطيّ صُخورٌ نَظيفةٌ تمامًا، لأنّه لم يَتَسنَّ لها وَقتٌ كافٍ لِتجميعِ الرُّسابات. أمّا الصخورُ البعيدةُ عن الخَيْدِ المُحيطيّ، فهيَ مُكدَّسةٌ بِطبقاتٍ سَميكةٍ من الرُّساباتِ المُتراكِمة - مِمّا يُبيِّنُ أنّ قاعَ المحيطِ هناكَ أقدمُ. وهذا شاهِدٌ إضافيٌّ على امْتِدادِ قِيعانِ البِحار.



لمزيدٍ من المعلومات انْظُر

القُوى ص ١١٤
بِنْيَةُ الأرض ص ٢١٢
نُشوءُ الجِبال ص ٢١٨
البِحارُ والمُحيطات ص ٢٣٤
الأرض ص ٢٨٧

البَراكين

إذا تَرُجُّ قِنّينةَ شَرابٍ فَوّارٍ بِشِدَّةٍ وتَفْتَحُها، فالضَّغطُ الذي يَدْفُقُ السائلَ رَشاشًا عَبْرَ فُوهةِ القِنّينةِ شَبيهٌ، من حيثُ المَبدأ، بالضَّغطِ الذي يُسَبِّبُ ثَورانَ البَراكين. يَنْبَعِثُ التَّفَجُّرُ البركانيُّ العَنيفُ سُحُبًا كثيفَةً من الرَّمادِ ومَقْذوفاتٍ من الحُمَمِ اللابيَّةِ اللاهِبَةِ تَنْسابُ مُتوهِّجَةً على السُّفوحِ المُجاوِرة. يَثُورُ البركانُ عندما تبدأُ الكُتَلُ الصفائحيَّةُ الصخريَّةُ، التي تؤلِّفُ سَطْحَ الأرض، بالتحرُّك. فعندَ ٱصطِدامِ صَفيحتَين قَديمتَيْن وٱنسِحاقِ إحداهُما تحت الأُخرى تَنْصَهِرُ الصفيحتان ويَنْتُجُ من ذلك بُركانٌ عَنيفُ الطِّراز. ومن البَراكينِ أنواعٌ أُخرى تتكوَّنُ عند تَشَكُّلِ صفائحَ جديدةٍ، فتَرْتَفِعُ الصُّهارةُ عَبْرَ الدِّثار وتَنْبَثِقُ كبَراكينَ هادِئة. تقعُ بعضُ البراكينِ بعيدًا عن حوافِّ الكُتَلِ الصفائحيَّةِ فوقَ بُقعةٍ ناشطةٍ جدًّا في الدِّثار الأرضيّ.



بومْبِيي

في العام ٧٩ ب.م. ثارَ بُركانُ جبَلِ فيزوف وطَمَرَ مدينةَ بومْبيي الرومانيّةَ عِنْدَ سَفحِه وما فيها بالرَّمادِ والحُمَم، فلم يُكشَفْ عنها إلّا حوالى العام ١٧٤٨. واللافِتُ أنَّ أجسادَ الناسِ وحيَواناتِهم تركَتْ تجاويفَ في الرَّدْمِ البُركانيّ أمكنَ تَعبئتُها بالجِبْسِ والحصولُ على نماذجَ لِبَعْضِ الضحايا.



سُحُبٌ مُتأجِّجةٌ من الغازِ والكُسَيْماتِ المُتوهِّجة تَنسابُ على سُفوحِ جَبَلٍ بنيوزيلندا، في آب، ١٩٦٨.

السُّحُبُ المُتأجِّجة

انعتاقُ الضَّغطِ فجأةً من اللّابةِ الأنديزيتيّةِ المُتدفّقةِ على السَّطح، يُحدِثُ سَحابةً مُتأجِّجةً تُسمّى أحيانًا الهَيارَ المُتأجِّجَ تتألّفُ من الغازاتِ وشظايا الصخرِ والرَّمادِ، في درجةِ الحَرارةِ البيضاء، تنسابُ فوقَ التلالِ والأوديةِ بِسُرعةٍ قد تصلُ إلى ١٠٠كم/ ساعة سافِعةً كُلَّ شيءٍ وخانِقةً كُلَّ حَيٍّ في طريقِها.

سُحُبٌ من الرَّمادِ والغُبارِ قُنْبيطيّةُ الشَّكلِ تُقْذَفُ في الجوّ، وتُغطّي المناطِقَ المُحيطة.

بُركانٌ أنْديزيتيّ

البُركانُ الأنديزيتيّ مَخروطٌ حادُّ الجوانبِ يتكوَّنُ عندما تتفجَّرُ موادُّ الصفائحِ المُنْصَهِرةُ منَ الأرض. ويتعاظَمُ البُركانُ تدريجيًّا بتراكُماتِ اللّابةِ البطيئةِ الانسيابِ وطَبَقاتِ الرَّماد. وتُعرَفُ اللّابةُ السميكةُ التي يكوِّنُها هذا النوعُ من البَراكينِ بٱسمِ أنديزيت.

ينقوضُ سقفُ الجبلِ مُطلِقًا سُحُبًا متأجّجةً تُغطّي سماءَ المنطقةِ بسُرعة.

يتَّخِذُ العُنُقُ البُركانيُّ شكلَ القِمْع، ويكونُ مملوءًا جُزئيًّا بالرَّمادِ من ثَوَراناتٍ سابِقة.

غالبًا ما تتجمَّدُ اللّابةُ الأنديزيتيّةُ في العُنُقِ البُركانيّ، فتَسُدُّ مُتَّجهَهُ. ومع تكاثُرِ الضغطِ يتعرَّضُ البُركانُ للانفجارِ المُفاجئ.

خارِطةُ البراكينِ في العالَم



بُركانٌ بازَلْتي

مَناطِقُ البراكينِ البازَلْتيّة

توجَدُ البراكينُ البازَلْتيّةُ حيثُ ترتَفِعُ مادّةُ الدِّثارِ لتكوِّنَ صفائحَ جديدةً؛ وهي نادِرًا ما تظهَرُ فوقَ سَطحِ البَحر. أمّا براكينُ النُّطُقِ الحارَّة، كتِلكَ المُتواجدة في هاواي، فقد تتكوَّنُ بعيدًا جدًّا عن حافّةِ الصَّفيحة.



في عام ١٩٨٠، ثارَ بركانٌ أنديزيتيّ في جبَلِ القدّيسةِ هيلانة بالولايات المتحدة، فدمَّرَ مساحاتٍ شاسعةً من الغابات.

ثَورانٌ أنديزيتيّ

البُركانُ الأنديزيتيّ الناشِطُ بُركانٌ عنيفٌ جدًّا، يُمكِنُ ثَورانُه في أيِّ لحظة، وتُسَبِّبُ انفجاراتُه أضرارًا بالِغة. وقد يُرسِلُ هذا النوعُ من الثَّوَرانِ سُحُبَ الرَّمادِ والغُبارِ الحارَّيْنِ إلى مسافاتٍ بعيدةٍ جدًّا. الصورةُ المُقابِلةُ الْتُقِطَتْ لِبُركانٍ أنديزيتيّ بعدَ ثَورانِه.

بِركةٌ طينيّة



قد يتعرّضُ الماءُ السّارِبُ في الأرضِ في مِنطقة بُركانيّةٍ للتسخينِ بفعلِ الصُّخورِ التّحتيّةِ الحامية. تَمْتَصُّ الصخورُ السّاخِنةُ الغازاتِ البركانيّةَ فتُحمِّضُها، وهكذا فإنّ الحامِضَ الساخنَ الذي تمتصُّه الصخورُ يُنتِجُ حَمْأةً تَنْشَعُ إلى السَّطحِ بِرْكةً من الطّينِ الغالي. وتُعتَبرُ البِرَكُ الطينيّةُ في مُتنَزَّهِ يَلوسْتون الوطنيّ بالولايات المُتّحدة مَعْلَمًا مُحبَّبًا يقصِدُهُ السُّيّاح.

النُّطَق الحارَّة

في أعماقِ الدِّثارِ الأرضيِّ هنالك مَناطِقُ شديدةُ الحرارةِ والاضطرابِ، تُعرَفُ بالنُّطَقِ الحارَّة، تكونُ الأوضاعُ فيها مُهيَّأةً لتكوينِ البراكينِ البازَلْتيّةِ على القِشْرةِ فوقَها. ويَعْمَلُ تحرُّكُ الكُتَلِ الصفائحيّةِ المُستمرُّ على تكوينِ خَطٍّ سِلسِليٍّ من البراكين.

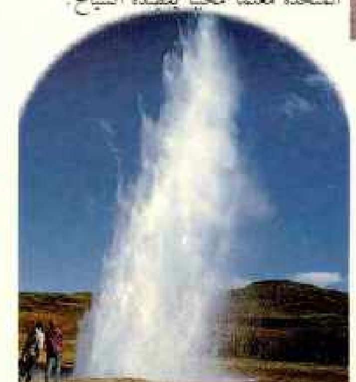
جزيرةٌ في نِطاقٍ حارٍّ مُتفجِّرٍ بهاوَاي.

تتحرّكُ الكُتَلُ الصفائحيّةُ فوقَ النُّطَقِ الحارّة

يتكوّنُ البُركانُ على السَّطحِ بنُفوذِ الموادِّ الصاعِدة

سِلسِلةٌ من البراكينِ الخامِدةِ تمتدُّ عبْرَ المُحيط

الحَمّات (ينابيعُ المياهِ الحارَّة)



تتدفّقُ المياهُ التي تُسخِّنُها الصخورُ البُركانيّةُ إلى السَّطحِ في حَمّاتِ ماءٍ وبُخار. وغالبًا ما تكوِّنُ شبكةً من الحُجراتِ تحتَ الأرض؛ فإذا تبخّرتِ المياهُ في إحداها، يُدفَعُ الماءُ بالتمدُّدِ الحاصِلِ إلى السَّطح. ويُسهِمُ الضغطُ المُخفَّضُ بتوليدِ مَزيدٍ من البُخار، فيُعصَفُ بالمياهِ صُعُدًا مُندفِقةً من الأرضِ كنافورةِ ماءٍ غالٍ نُسمّيها حَمّة.

يتجمّدُ تدفُّقُ اللّابةِ الضخْمُ من الاندلاعاتِ البازَلْتيّةِ ويتجمّعُ كبازَلْتٍ فَيْضيّ.

البركانُ البازَلْتيّ

في بِقاعٍ كالنُّطَقِ الحارَّة، ترتفِعُ الموادُّ المُنْصَهِرةُ من الدِّثار؛ فإذا تمّ لها اختراقُ السَّطح، تُكوِّنُ لابةً سوداءَ سيّالةً تعرَفُ بالبازَلْت. وبخلافِ اللّابةِ الأنديزيتيّةِ تَنْسابُ اللّابةُ البازَلْتيّةُ عادةً مسافاتٍ طويلةً قبلَ أنْ تتجمّد. لِذا فالبُركانُ الناتِجُ عريضٌ وخفيض، ويُعرَفُ بالبُركانِ المِجَنّي. تقعُ مُعظمُ البراكينِ البازَلْتيّةِ في أعماقِ البِحار، فعندما تُقذَفُ اللّابةُ في الماءِ تَبْرُدُ بسُرعةٍ كُتَيْلاتٍ فُقّاعيّةً تُسمّى اللّابةَ الوِساديّة. أمّا على اليابسة، فيُرَذُّ البازَلْتُ المُنْصَهِرُ في الهواءِ كنافورةٍ لَهَب. وقد تتجمّدُ القَطَراتُ أثناءَ طَيَرانِها فتتحوّلُ إلى قنابِلَ بُركانيّة.

طَفْحُ الشُّقوق، الذي ترتفِعُ فيه اللّابةُ عبْرَ صُدوعٍ طويلة، واسِعُ الانتشارِ في البراكينِ البازَلْتيّة.

تحتَ كُلِّ بُركان، هنالك حُجرةٌ صُهاريّة، هي مُستودعٌ من الموادِّ المُنصهِرة، يُغذّي الاندِلاعَ البُركانيّ.

جبلُ القدّيسة هيلانة بالولايات المتحدة

يَلوسْتون بالولايات المتحدة

فيزوف بإيطاليا

▲ بُركانٌ أنديزيتيّ

لابةٌ مُنصهِرةٌ تَنْسابُ فوقَ الصخورِ في هاوَاي

سُطوحُ اللّابة

تَنْسابُ اللّابةُ البازَلْتيّةُ بحُرّيّة، فيَكوِّنُ سطحُها البارِدُ قِشْرةً، تتغضّنُ وتتجعّدُ بالتحرُّكاتِ تحتَها. وتُعرَفُ هذه اللّابةُ الحَبْليّةُ بالباهُوهُو (اسمُها المحلّيّ في هاوَاي). وإذا تكسّرَ هذا السَّطح، فإنّه يُكوِّنُ كُتَلًا لابيّةً خَشِنةَ السَّطحِ تُسمّى آآ.

مَناطِقُ البَراكينِ الأنديزيتيّة

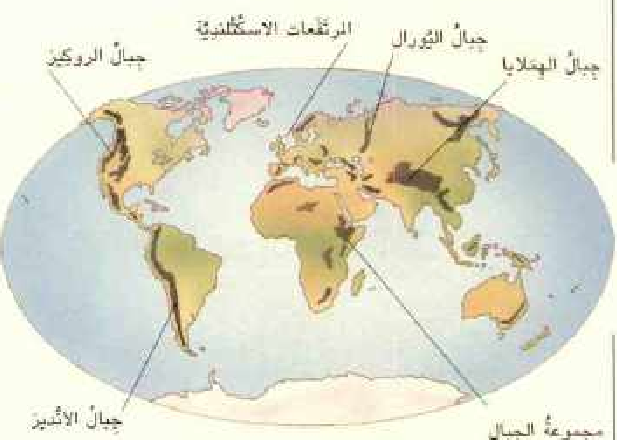
البراكينُ الأنديزيتيّةُ سُمِّيَت بأسمِ جبالِ الأنديزِ حيثُ لُوحِظَتْ أوّلًا. وهذه البراكينُ تتواجدُ في المَناطِقِ حيثُ تَبْتلِعُ الواحدةُ من الصفائحِ الأرضيّةِ تَحْتَ التي تَليها.

لمزيد من المعلومات انظر

نُشوءُ الجبال

تَشيخُ الجبالُ كما يَشيخُ الإنسانُ، لكنْ ليسَ سريعًا جدًّا مثلَه. فسِلْسِلَةُ جِبالِ الهِمَلايا في آسيا بدأت بالتنشُّوِ منذُ ٥٠ مليون سنة، ولا تَزالُ شابَّةً في دَورِ التكَوُّن. تتكوَّنُ الجبالُ نَتيجةً لِتكْتونيَّاتِ (حركاتِ وقُوَى تَشَكُّل) الصفائحِ القارِّيَّة - وهي التكتونيَّاتُ التي تَحْدُثُ في قِشْرةِ الأرض، ضاغِطةً وعاصِرةً حَوافَّ القارَّات. هذه القُوَى تَرْفَعُ الجبالَ من الأرض قَسْرًا. وتُحدِّدُ بعضُ سَلاسِلِ الجبال القديمةِ، كجبالِ الأورال في روسيا والمُرتَفَعاتِ الإسكتلنديَّة، مَواقعَ تصادُمِ الصفائحِ القارِّيَّةِ في أزْمانٍ غابِرَة. نشوءُ الجبالِ يَنطوي على إجهاداتٍ عظيمةٍ تُسبِّبُ الْتِواءاتٍ وانْقِطاعات تَشكيليةً في الصخور يُمكِنُكَ تقصّيها في المَناطِقِ الجبَليَّة.

خارطةُ جِبالِ العالَم



توزُّعُ الجبال

سَلاسِلُ الجبال الرئيسيَّةُ على الأرضِ هي جِبالُ طَيٍّ تكوَّنَتْ بِآنْضِغاطِ حَوافِّ القارّات، أو حيثُ تصادمَتِ الصفائحُ القارِّيَّة. أمَّا الجبالُ الكُتليَّةُ، المُتكوِّنة بالمَطِّ، فهي أقلُّ لَفْتًا لِلأنظار على نِطاقٍ عالَمِيّ - عِلمًا أنّه يُمكِنُ تكوُّنُ البراكينِ بين جِبالِ الطيِّ أو بين الجبالِ الكُتليَّة.

جِبالُ الطيّ: نَظَريًا

الصخورُ القارِّيَّة تَنْضَغِطُ وتتغَضَّنُ وتتلوَّى في طَيّاتٍ عَميقة.

ترتفِعُ الموادُّ المُنْصهِرةُ من الصفيحة الهابِطة.

يُصدِّعُ الضَّغطُ الصُّخورَ ويُغَضِّنُها جيِّدًا في داخِلِ القارَّة.

تنزلِقُ صفيحةٌ مُحيطيّة تحت إحدى القارّات؛ فيَفْلِقُ الاحتكاكُ الحافّةَ القارّيّةَ إلى أسافين، دافِعًا كُلَّ إسْفينٍ منها خَلْفًا تحتَ الإسفينِ الذي يَليه.

جِبالُ الطيّ: عَمَليًّا

يَحُتُّ التآكُلُ سُطوحَ الطيّاتِ المُدوَّرة إلى خليطٍ مُتثلِّم.

تُكوِّنُ الأسافينُ القارِّيَّةُ المُتَصدِّعةُ جُزُرًا وسَلاسِلَ ساحِليَّةً وَعِرَة، وهي تتألَّفُ من مَزيجٍ مُركَّبٍ من الرُّسابات المُحيطيَّة والموادِّ القارِّيَّة.

الطيّاتُ الداخليَّةُ البسيطةُ تَتآكَلُ بالتَّجْوِيَة إلى مُنحَدَراتٍ حادَّة تُشكِّلُ الجُرُفَ والوِدْيان.

تَصبِحُ الجبالُ القديمةُ المُتكوِّنةُ سالِفًا على الساحل، بَعيدةً الآنَ عن البَحْر.

الصُّخورُ المُنْصهِرةُ تندفِعُ عبْرَ الفُتُحاتِ مُكوِّنةً براكينَ أنديزيتيّة. ويبقى الغرانيتُ مَكشوفًا على السَّطح.

تكَوُّنُ جِبالِ الطيّ

تتكوَّنُ جِبالُ الطيِّ على حافَّةِ القارَّة. فتتغَضَّنُ الصفيحةُ القارِّيَّةُ عِندَ آرتِطامِها بالصفيحةِ المُحيطيَّةِ التي تُقْحَمُ تحتَها. فتَلْتَصِقُ الجُزُرُ والرُّساباتُ المَنقولة مع الصفيحةِ المُحيطيَّةِ بِحافَّةِ القارَّة؛ وتتطوّى هذه مُقْتَحِمَةً طريقَها صُعُدًا لتُصبِحَ جُزْءًا من السِّلْسِلَةِ الجبليَّة. أمّا الصفيحةُ الهابِطة فتَنْصَهِرُ، وتتصاعَدُ الصُّهارَةُ في قاعدةِ الجِبال فتَرفَعُها أكثرَ، وتقذِفُ البراكينَ إلى السَّطح.

الجِبالُ الكُتليَّة

بالتَّخات

بدون التَّخات

التَّخاتُ السَّطحيُّ يُدوِّرُ حافّاتِ الكُتَل ويُغطّي الصُّدوعَ؛ فيتعذَّرُ تمْييزُها.

تتفلَّقُ القارَّةُ بفِعْلِ التَّوتُّرِ إلى كُتَلٍ يتحرَّكُ بعضُها بالنسبةِ إلى بعضِها الآخر.

تكَوُّنُ الجِبالِ الكُتليَّة

إنَّ تكوُّنَ الصفائحِ البانِيَةِ الجديدةِ يُوتِّرُ قِشْرةَ الأرضِ فيَفْلِقُها كُتَلًا تَفْصِلُ بينَها شُقوقٌ تُسمَّى صُدوعًا. وقد تنخَسِفُ بعضُ هذه الكُتَل، مُكوِّنةً أودِيةَ خَسْف، تاركةً الكُتَلَ القائمةَ بينها كجِبالٍ كُتليَّة، كتِلك المُتواجِدةِ في شرقِ أفريقية.

الجِبالُ الطَّافِيَة

في العام ١٨٥٥، آرتأى الفَلَكيُّ البريطانيُّ جورج بيدل عيري، أنَّ الجبالَ، كما الكُتَلُ الخَشبيَّةُ الطافِيَةُ في الماء، يزدادُ عُمْقُها تحتَ السَّطحِ كُلَّما زادَ آرتِفاعُها فوقَه. وتُبيِّنُ الأبحاثُ الحديثةُ أنَّ القِشْرةَ القارِّيَّة أسْمَكُ كثيرًا في المناطقِ الجبليَّةِ منها في المناطِقِ المُنْبَسِطة، وأنَّ لِلجبالِ جُذورًا تَمْتَدُّ عَميقًا في طَبقةِ الدِّثار.

نَموذجٌ لِجذورِ جَبَل



تكوّنُ الطيّات

عندما تتعرّضُ طبقاتُ الصّخورِ لضغوطٍ بالغةٍ لا تحتملُها فإنّها تنثني طيّاتٍ. فالطيّةُ المُنْدالةُ سفْلًا هي طيّةٌ مُقعّرة، فيما الطيّةُ المُقنطرةُ (المُقوّسةُ صُعْدًا) طيّةٌ مُحدّبة، وغالبًا ما تتواجدانِ معًا. ويُسمّى الخطُّ، الذي ينثني الصخرُ على امتدادِه، مِحْوَرَ الطيّ.

طيّة

تُبيّنُ طبقاتُ الصّخرِ المُطوّاةُ هذه في نيوفوندلند، نيوجرسي بالولاياتِ المتّحدة، الأشكالَ التي تتخذُها الطيّات. وتتميّزُ الطيّةُ في مُنكشَفٍ صخريٍّ بالشّكلِ المُستديرِ الذي تُحدثُه في طبقاتِ الصّخر.

أنواعُ الطيّات

تتشوّهُ الصّخورُ بطُرقٍ مُختلفةٍ تُنتجُ أنواعًا مُختلفةً من الطيّات. الطيّاتُ المُبيّنةُ أعلاه هي طيّاتٌ مُتماثلة، يعني أنّ الطيّةَ تنطوي حوْلَ مُستوٍ عموديّ. أمّا في الطيّاتِ اللّاتماثليّة، فتبدو الطيّةُ مائلةً مُنحرفةً بفعلِ الضّغطِ المُسلّطِ عليها. وقد تتعاظمُ الضغوطُ جدًّا فتنشقُّ الطّبقةُ بكاملِها، وتُصبحُ صدْعًا دسْريًّا.

تُبيّنُ هذه الصُّخورُ في بِكْتَشهر بإيران، كِلا الصّدوعِ العاديّةِ والعكسيّة.

الصّدوع

يُمكِنُ مُشاهدةُ الصّدْعِ كشقٍّ تحفُّ به الصّخورُ مُزاحٌ بعضُها بالنّسبةِ لبعض.

صدْعُ سانْ أندرياس

يقطعُ صدْعُ سانْ أندرياس الهائلُ سهْلَ كاريزو بطول ٤٥٠كم جنوبي سانْ فرنسيسكو و ١٦٠كم شمالي لوس أنجلوس. يُمثّلُ هذا الصّدْعُ صدْعًا زلزاليًّا، ويُعزى إليه التّسبُّبُ في بعضِ الزلازلِ الرئيسيّةِ في الولاياتِ المُتّحدة.

لمزيد من المعلومات انظُر

الضّغط ص ١٢٧
بِنيةُ الأرض ص ٢١٢
القارّاتُ المُتحرّكة ص ٢١٤
التّجويةُ والتّحاتّ ص ٢٣٠
حقائقُ ومعلومات ص ٤١٤

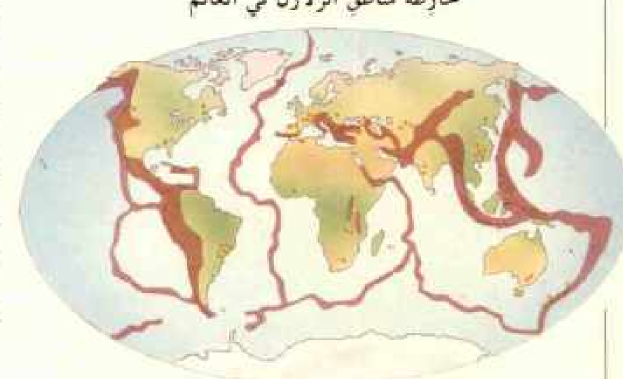
أنواعُ الصّدوع

أحيانًا، وبالتّوتّرِ عادةً وليسَ بالضّغط، لا تنثني الصخورُ ولا تنطوي؛ بل تتصدّعُ إلى كُتلٍ يتحرّكُ بعضُها بالنسبةِ لبعضٍ أو إنّه سبقَ لها أن فعلتْ ذلك. ويُعرفُ هذا بالتّصدّع. ويُسمّى النّطاقُ السّطحيُّ الذي تنزلقُ فيه الكُتلُ عبْرَ بعضِها مُستوي الصّدْع.

الهزَّاتُ الأرضيَّة

إنَّ أشدَّ القُوى والتفجيراتِ المألوفةِ لَدينا تظَلُّ ضَئيلةً جدًا بالنِّسبة لِلقُوَّةِ التي تُمَزِّقُ طبَقاتِ الصَّخر في قِشرةِ الأرض وتُصَدِّعُها. فالطَّبقاتُ الصَّخريةُ بِطبيعتِها لا تَنْثني ولا تَتصدَّعُ بِسُهولة، لكِنَّ التَّوتُّرَ الذي تُسَبِّبُه تحرُّكاتُ الصفائحِ الأرضيَّة يتنامى عَبْرَ السِّنين حَتّى تَنوءَ الصُّخورُ تحتَ وَطْأتِه، فتَتصدَّعُ فَجْأةً وتُزاحُ مُصْدِرةً أمواجًا صَدْمِيَّةً مُدَمِّرةً يَرْتَجِفُ معها سطحُ الأرضِ في تِلك المِنطقة فيما نُسَمِّيهِ زَلزالًا أو هَزَّةً أرضيَّة. وقد يَلي الرَّجْفَةَ الزِّلزاليَّةَ الأُولى سِلْسِلَةٌ من الرَّجفاتِ اللّاحِقةِ على مَدى بِضعةِ أيامٍ تاليَة؛ ثُمَّ تَخْبُو عندما تَسْتقِرُّ الصُّخورُ في مَواقِعِها الجديدة.

خارطةُ مَناطقِ الزَّلازِل في العالَم



مناطِقُ الهزَّاتِ الأرضيَّةِ العَميقة — مناطِقُ الهزَّاتِ الأرضيَّةِ الضَّحْلَة

مناطِقُ الهزَّاتِ الأرضيَّة

تحدُثُ الزلازِلُ، كما ثَوَرانُ البَراكين يحصُلُ على امتِداد حافّاتِ الصَّفائحِ الأرضيَّة. فتَحدُثُ الهَزّاتُ الضَّحْلةُ حيثُ تتلاقى الصفائحُ فِعلًا عِند السَّطح، فيما تحدُثُ الهزّاتُ العَميقة حيثُ تنزَلِقُ إحدى الصفائحِ تحت أُخرى.

مِقياسُ مِرْكَلّي

هزّاتُ الدَّرجةِ الثانية على مقياس مِرْكَلّي، تكونُ خفيفةً فلا يشعُرُ بها إلّا الواقِفُ في طابِقٍ عُلويّ.

هزّاتُ الدَّرجةِ السادسة على مقياس مِرْكَلّي تُحطِّمُ النوافِذَ وتُحرِّكُ الأثاثَ وتُسقِطُ انابيبَ المِدْخنةِ ومِلاطَها.

تحرُّكُ الصُّخورِ الأعظمُ يَحدُثُ في بُؤرةِ الزِّلزال.

خُطوطُ تَساوي الزِّلزلةِ تَصِلُ المَواقِعَ التي تتساوى فيها شِدَّةُ الزِّلزال.

قَبْلَ الهزَّة — بَعْدَ الهزَّة

حتّى المَباني الأفضلُ تصميمًا قد تَنْهارُ بفِعلِ هزَّةٍ عَنيفة. وقد تَصمُدُ المباني العاليةُ أكثرَ من الخفيضة. والمعلومُ أنَّ النارَ والأمراضَ هي أخطارٌ تعقُبُ الزلازِلَ دائمًا.

يُراعى عِندَ تصميمِ المَباني في مَناطقِ الهزّاتِ الأرضيَّة، تخفيفُ الأخطارِ قَدْرَ الإمكان. فالمباني العاليةُ ينبغي ان تترَجَّحَ دونَ ان تتصدَّع، وتُشادُ الخفيضةُ من موادَّ خفيفة.

مِقياسُ مِرْكَلّي

تُقاسُ شِدَّةُ الزِّلزالِ أو كمِّيَّةُ الرَّجْفَة، على مِقياسِ مِرْكَلّي المُدَرَّج على أساسِ ما يُرى ويُحَسُّ خِلالَ الهَزَّة. ويتَراوَحُ مَدى المِقياس بين الدَّرجة الواحدة للرَّجفات البسيطة جدًا، وبين الدَّرجة الثانية عَشْرَة لِلزِّلزلة التي تُحدِثُ دَمارًا شامِلًا. وتُسمَّى النُّقطةُ، في باطِنِ الأرض، التي تنطلِقُ منها الهَزَّةُ بُؤرةَ الزِّلزال؛ ويُشعَرُ بِشِدَّتِه الأعظم في المَركزِ السَّطحيّ لِلزَّلزلة، وهو النُّقطةُ على سَطحِ الأرضِ الواقعةُ تمامًا فوقَ البُؤرة.

قِراءةٌ عَمُوديَّة

يَحمِلُ النابِضُ ثِقْلَ المِرْجاف (مِقياس الزِّلزلة او السَّيزْمُومتر)

يُضخِّمُ تحرُّكُ بقيَّةِ الغُرفة.

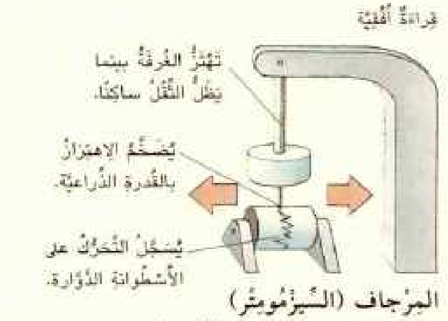
الأسطوانةُ الدَّوّارةُ تُسجِّلُ التَّحرُّكَ المُضخَّم.

قِراءةٌ أُفُقيَّة

تهتَزُّ الغُرفةُ بينما يَظَلُّ الثِّقْلُ ساكِنًا.

يُضخِّمُ الاهتزازَ بالقُدرةِ الذِّراعيَّة.

يُسجِّلُ التَّحرُّكَ على الأسطوانةِ الدَّوّارة.



المِرْجاف (السَّيزْمُومتر)

المِرْجافُ أو مِقياسُ الزَّلزلة آلةٌ تُسجِّلُ الهَزّاتِ الأرضيَّة. يَحوي مِقياسُ الزَّلزلة ثِقْلًا ثقيلًا جدًا بحيث يَظَلُّ ساكنًا بينما يهتَزُّ كُلُّ شيءٍ حَوْلَه. تُضخَّمُ الرَّجْفةُ بِفِعلِ الرَّوافع (القُدرةِ الذِّراعيَّة) وتُسجَّلُ على أسطواناتٍ دَوّارة.

التَّدميرُ الشّامِل

على درجة ١٢ من مقياس مِرْكَلّي يكونُ التدميرُ شامِلًا. فتَمُوجُ الأرضُ بتَمَوُّجاتٍ كأمواجِ البَحْر، وتُقذَفُ الأجسامُ في الهواء، وتُدمَّرُ المباني تدميرًا كامِلًا. كما تتغيَّرُ المَعالِمُ الجُغرافيَّةُ لِلمنطقة بشكلٍ دائم. ولِحُسْنِ الحَظّ، فإنَّ قِلَّةً من الهزّاتِ تبلغُ هذه الدرجة من الشِّدَّة.

لمزيد من المعلومات انظر

القُوى والحَرَكة ص ١٢٠
الاهتِزازات ص ١٣٦
بِنْيَةُ الأرض ص ٢١٢
القارّاتُ المتحرِّكة ص ٢١٤
نُشوءُ الجِبال ص ٢١٨
حقائقُ ومعلومات ص ٤١٤

مِقياسُ رِخْتَر

يُقاسُ قَدْرُ الهَزَّةِ الأرضيَّة، في مُقابِلِ شِدَّتِها، بِمِرْجاف رِخْتَر وهو مِقياسُ زَلْزلةٍ (سِيزْمُومتر)، من تصميم عالم الزَّلازِل الأمريكي شارْل ف. رِخْتَر، عام ١٩٣٥. فالهَزّاتُ الأرضيَّةُ العَنيفة على هذا المِرجاف قد تبلغُ درجة ٦ أو أكثر، أما الأعتى والأشدُّ تدميرًا فقد تبلغُ درجة ٨,٩.

مَشهدُ هَزَّةٍ أرضيَّة في أرْزِنْكان، بتُركيا.

الصُّخورُ والمَعادِن

الأرضُ التي نَمشي في مَناكِبِها، ونُشَيِّدُ المَباني علَيها، ونَزْرَعُها بَساتينَ وحُقولًا تتألَّفُ من صُخورٍ؛ وكُلُّ صخورِ الأرضِ تتألَّفُ من كيماويّاتٍ تُسَمّى مَعادِن. بالفَحْصِ المِجْهريِّ، يَتَبَيَّنُ أنَّ الصَّخْرَ مُؤَلَّفٌ من بِلَّوراتٍ مَعدنيَّةٍ مُتَبايِنةٍ تَتنامى وتتداخَلُ معًا كالفُسَيْفِساء. ولا يَحوي الصَّخرُ المُعَيَّنُ عادةً أكثَرَ من سِتّةِ أنواعٍ من المعادن، لِكُلِّ نوعٍ مِنْها تركيبُه الكيماويُّ المُتَميِّز. وتتألَّفُ قِشْرةُ الأرض من ثلاثةِ أنواعٍ مُتَبايِنةِ النشأةِ من الصُّخور هي البُركانيَّةُ (أو الناريَّة) والمُتَحوِّلةُ والرُّسوبيَّة. فالصُّخورُ البُركانيَّةُ تَنشأُ من تَصَلُّبِ الصُّهارة السائلةِ بالبُرودة. وتنتُجُ الصُّخورُ المُتحوِّلة من تَحوّلِ الصَّخرِ كيماويًّا بالحرارةِ أو الضَّغطِ إلى صَخْرٍ مُختلفِ النوعيَّة. أمّا الصُّخورُ الرُّسوبيَّةُ فتتكوَّنُ بِتلاحُمِ فُتاتِ الصُّخور وأنواعِ الحُتاتِ والأنقاضِ الأُخرى.

بِلَّوراتُ المَرْوِ الرَّماديّ

مَرْوٌ قَرَنْفُليُّ اللَّون

أنواعُ الغرانيت المُختلفة

في بعضِ الصُّخور، كالغرانيت، تكُونُ بِلَّوراتُ المعادِنِ من الكِبَرِ بحيثُ تُرى بالعَيْنِ المُجرَّدة. يتألَّفُ الغرانيتُ من معادِنِ المَرْوِ (الكوارتز) والفِلْسبار والمَيْكا؛ وقد يكونُ لَونُ الصَّخرِ قَرَنْفُليًّا أو رَماديًّا، تبَعًا لِنوعِ الفِلْسبار الذي يَحويه.

غرانيتٌ نَقْشيّ





غرانيتُ البَيُوتيت



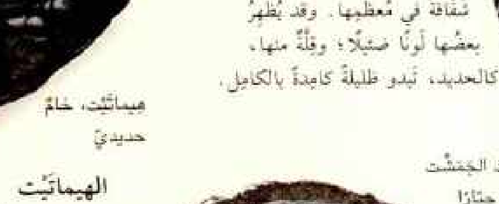
ضوءٌ مُستَقطَب

عِنْدَ فَحْصِ شَريحةٍ صَخريَّةٍ بِمِجْهَرٍ مُزَوَّدٍ بِمُرَشِّحٍ مُفْرَدِ الاستِقطاب (يَسْمَحُ بِمُرورِ أمواجٍ ضَوئيَّةٍ مُعَيَّنةٍ فقط) تَظهَرُ المعادِنُ كُلٌّ على حِدَة، شَفّافةً في مُعظَمِها. وقد يُظهِرُ بعضُها لَونًا ضَئيلًا، وقِلَّةٌ منها، كالحديد، تَبدو طَليقةً كامِدةً بالكامِل.

صَخْرٌ مُزْدَوِجُ الاستِقطاب

إذا تَفَحَّصْنا الشَّريحةَ الصَّخريَّةَ نَفْسَها عَبْرَ مُرَشِّحَيْنِ مُستَقْطِبَيْن تَبدو المَعادِنُ في نَسَقٍ رائعٍ من الألوان؛ وتتغيَّرُ هذه الألوانُ إذا ما دُوِّرَتِ الشَّريحةُ تحتَ المِجْهَر. ويُمكِنُ تعيينُ هُويَّةِ المعادِنِ كُلٌّ على حِدَةٍ من مَظْهَرِهِ ومن تغيُّراتِ ألوانِه.





هيماتيت، خامٌ حديديّ

الهيماتيت

تحوي الخاماتُ المَعدنيَّةُ فِلِزّاتٍ يُمكِنُ فَصْلُها بِسُهولة؛ كالهيماتيت أحدِ خاماتِ الحديد. فالحديدُ فِلِزٌّ مَتينٌ مَرِنٌ (قابِلٌ لِلثَّني) يُمكِنُه الاتِّحادُ مع فِلِزّاتٍ أخرى لِتكوينِ سَبائك. واستِعمالاتُ الحديد واسِعةُ النِّطاق - من صُنْعِ الإبَرِ والمِقَصّاتِ إلى وُرَشِ وأشغالِ الإنشاءاتِ الصِّناعيَّةِ الضَّخمة.

الحُلِيّ

بعضُ المعادِنِ جَميلٌ أخّاذ، لِذا يُستَخدَمُ في صِناعةِ الحُلِيّ. وتعتمِدُ قِيمةُ معادِنِ الحُلِيّ هذه على نُدْرَتِها ومِقدارِ الطَّلَبِ علَيها.

بِلَّوراتُ الجَمَشْت تؤلِّفُ جِنارًا حَوْلَ جَوزةٍ صَخريَّة



الماس

الطَّلْق (التَّلْك)

سُلَّمُ موهْز

يُمكِنُ تعيينُ هُويَّةِ المعادِنِ من صَلادَتِها. فالمعدِنُ الذي يستطيعُ خَدْشَ معدِنٍ آخر هو أصلَدُ منه. ويتراوحُ سُلَّمُ موهْز لِقياسِ صَلادَةِ المعادِنِ بين ١ وَ ١٠ - باعتبارِ صَلادة الطَّلْق (ألْيَنِ المَعادِن) ١، الجِبْس ٢، الكَلْسيت ٣، الفلورَيْت ٤، الأباتيت ٥، الأورثوكلاز ٦، الكوارتز ٧، التوباز ٨، الكُورَنْدُم ٩ والماس ١٠ (أصلَدِ المعادن).

الجوزَةُ الصَّخريَّة (المُبَطَّنةُ بالبِلَّورات)

قد تذوبُ معادِنُ الصُّخور في الماء أو في سوائلَ بُركانيَّةٍ مارَّةٍ عَبرَها، وتُحمَلُ إلى مواقِعَ أُخرى. والمعادِنُ التي تتراكَمُ على جوانِبِ تجويفٍ صَخريٍّ قد تُكوِّنُ جَوزةً صخريَّةً مُبَطَّنةً بالبِلَّورات.

لِمَزيدٍ من المَعلومات انظُر

التَّرابُطُ الكيماوي ص ٢٨
البِلَّورات ص ٣٠
العَناصِر ص ٣١
الحَفْريّات ص ١٠٩
بِنْيَةُ الأرض ص ٢١٢
حقائقُ ومَعلومات ص ٤١٥



الصُّخورُ البُركانيَّة

أثناءَ احْتِراقِ الشَّمْعة يَنِضُّ بعضُ الشمع السائلِ قَطَراتٍ على جوانبِها ويتجمَّد. هكذا تتكوَّنُ الصخورُ البُركانيَة إذ تتصلَّبُ من كتلةٍ صخريَّة منصهرةٍ كما تتصلَّبُ اللَّابةُ المُنسابةُ عندما تَبرد على حَوافِّ بُركان. ونظرًا لِفاعليَّة العاملِ الحراريِّ في تكوينِ الصخورِ البُركانيَّة، فقد سُمِّيت أيضًا «الصُّخورَ الناريَّة». هنالكَ نَوعانِ رئيسيَّان من الصخور البركانيَّة: النابِطَة السطحيَّة والمُندسَّة الجَوفيَّة. الأنواعُ السطحيَّة تنشأُ من تصلُّبِ الصُّهارة بسُرعة فوقَ سطحِ الأرض كما اللَّابَة؛ وهذا يُكسِبُها نَسْجَةً بلَّوريَّة دقيقةَ الحُبَيْبات. أمَّا الصخورُ الجَوفيَّة فتنشأُ من صُهارةٍ تصَلَّبت بالتبريد البَطيء عميقًا تحتَ سطحِ الأرض لِتُنتِجَ صَخرًا خشِنَ النَّسْجَةِ البلَّورية كبيرَ الحُبَيبات.

البازَلْت

البازَلْتُ صخرٌ بُركانيٌّ سَطحيٌّ نَموذجيٌّ يَنشأ من اللَّابَة؛ وهو صخرٌ كثيفٌ داكنٌ مُسْوَدٌّ بسببِ المعادنِ المتواجدة فيه، وهو بِسبَبِ التبريد السريع دَقيقُ الحُبَيباتِ المُتبلِّرة.

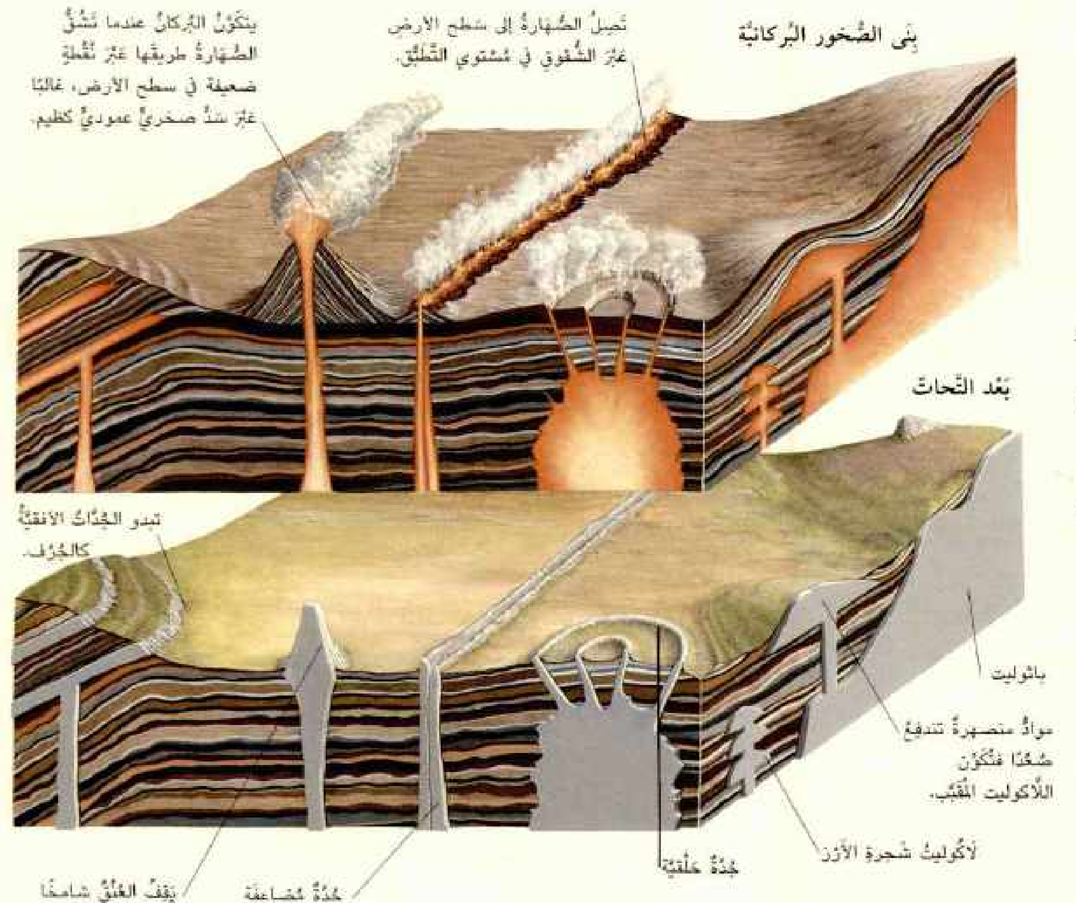


بلُّورات الغرانيت كبيرةٌ بحيثُ تُرى بالعينِ المُجرَّدة.

ينشأُ البازَلْت عندما تَبردُ اللَّابةُ البُركانيَّةُ فوقَ سَطحِ الأرض.

الغرانيت

الغرانيتُ صخرٌ بُركانيٌّ جَوفيٌّ، يوجَدُ منه عِدَّةُ أنواعٍ كُلُّها فاتحةُ اللَّونِ بسَبَبِ طبيعةِ المعادنِ الفاتحةِ اللونِ فيها. ويَستغرِقُ الغرانيتُ وقتًا أطولَ من البازَلْت ليتصلَّب، مُكوِّنًا بلُّوراتٍ أكبرَ حَجمًا بحَيثُ تُرى بِسُهولة.



تكوُّنُ الصُّخور البُركانيَّة

تنشأُ الصُّخورُ البُركانيَّةُ الخفيضةُ نِسْبةِ السِّليكا، كالبازَلْت، من صُهارة مادةِ الدِّثار الأرضيِّ. أمَّا صُهارةُ مادةِ الصفائحِ الأرضيَّة فتكوِّنُ صُخورًا بُركانيَّةً عاليةَ نِسْبةِ السِّليكا، كالغرانيت، الذي يتصلَّبُ كُتَلًا ضخمةً كالسَّنامِ الغائر (باثوليت) أو في قِبابٍ أندساسيَّةٍ (لاكُوليت)، أو يتكوَّنُ في الصُّدوعِ مُشَكِّلًا جُدَّاتٍ قاطعةٍ (سُدودًا صخريَّةً عموديَّة) أو مُوازيةً أُفُقيَّة؛ أو قد يَنْبجِسُ عَبْرَ السَّطح. ولا يُرى الصَّخْرُ الجوفيُّ إلّا بَعْدَ تَحاتِّ الطبقاتِ الفَوقيَّة.



جُدَّةٌ قاطعة بُركانيَّة

عندما تَشُقُّ الموادُّ المُنصهرة طريقَها إلى صَدْعٍ وتتصلَّبُ، تكوِّنُ صَخرًا أندساسيًّا متوسِّطَ حجمِ الحُبَيبات. وهذا الصخرُ أصلَدُ عادةً من الصُّخور المحيطةِ به، لذا يَصمُدُ هذا الاندساسُ بعد التَّحاتِّ كمَعْلَمٍ طبيعيٍّ أرضيٍّ بارِز.

رَصْفُ الطُّرُق

الصُّخورُ البُركانيَّةُ صَلْدة جدًّا. والحَصباءُ من كُسارَتِها تَصلُحُ كمادَّةِ رَصْفٍ قويَّة جيِّدة لِتعبيدِ الطُّرُق، خاصَّة بَعْدَ خَلْطِها بالزِّفت؛ لأنَّ الزِّفتَ يمنَعُ تفتُّتَ معادِنِها السِّليكاويَّة (الفِلسبار) بالتَّجوية.



يُفْرشُ سطحُ الطريقِ بخَليطٍ من حَصباءِ الغرانيت والزِّفتِ السَّاخِن.

لمزيد من المعلومات انظر
الكربون ص ٤٠
بِنيةُ الأرض ص ٢١٣
البراكين ص ٢١٦
الصُّخورُ والمعادِن ص ٢٢١
حقائقُ ومَعلومات ص ٤١٥

الصُّخورُ الرُّسُوبيَّة

لا يُمكِنُكَ مَعْرِفَةُ ما قد تَحويهِ الصخورُ الرُّسُوبيَّة؛ فالكثيرُ من أنواع هذه الصخورِ يتألَّفُ من صخورٍ مُتعدِّدةٍ أُخرى، أو حتّى بَقايا حيوانيَّةٍ مُلتصِقٍ بعضُها ببعض. تَنْشأُ الصخورُ الرُّسُوبيَّةُ من جُسَيماتٍ مُتراصةٍ كطَبَقاتٍ من الرُّسابات تُطمَرُ وتُضغَطُ لاحِقًا فتَلْتحِمُ بالسَّمْنَتَةِ إلى كتلةٍ جامدة. يُوجَدُ ثلاثةُ أنواعٍ من الصخورِ الرُّسُوبيَّة: الفُتاتيَّة، وتتألَّفُ من كُسارة وفُتاتِ صخورٍ سالِفةٍ؛ والكيماويَّة، وتنشأُ بانفِصالِ الموادِّ الكيماويَّة، كالأملاح، المُذابة في الماء، عن مَحاليلها؛ والحَيَويَّةِ المَنشأ، وتتألَّفُ من بَقايا الكائناتِ الحيَّة.

القَضَّة (الصخورُ الرُّسُوبيَّةُ المُكتَّلة)

تتكتَّلُ الحَصْباءُ الأُخدوريَّةُ إلى صخرٍ رُسوبيٍّ فُتاتيٍّ خَشِنٍ يُدعى القَضَّةَ أو الرصيص. وتشمَلُ الصخورُ الرُّسُوبيَّةُ الفُتاتيَّةُ الأُخرى الحجرَ الرَّمْليَّ - المؤلَّفَ من طبقاتِ الرَّمْلِ في الصحارى أو على شواطِئِ البحار - والطَّفْلَ المؤلَّفَ من طبقاتِ الوَحْلِ والطِّين.

صخرٌ مُكتَّل

حجرٌ كِلسيٌّ صَدَفيّ

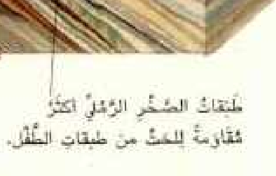
الحجرُ الكِلسيُّ المَحاريّ

الصُّخورُ الحَيَويَّةُ المَنشأ تتألَّفُ من موادَّ كانت حيَّةً في زمنٍ مَضى. يتألَّفُ الحجرُ الكِلسيُّ المَحاريُّ، أعلاه، من بَقايا وشَظايا المحارِ والأصدافِ البحريَّة؛ كما إنَّ الحجرَ الكِلسيَّ الشِّعابيَّ والفَحْمَ الحجريَّ هما أيضًا مِثالانِ على الصخورِ الرُّسُوبيَّةِ الحَيَويَّةِ المَنشأ.

ملحٌ صَخْريّ

المِلْحُ الصَّخْريّ

تحوي مياهُ البَحرِ معادِنَ مُذابةً. فإذا عُزِلَ جزءٌ من البَحرِ وجَفَّ تترسَّبُ هذه المعادِنُ طبقةً في القاع. فالمِلْحُ الصَّخريُّ وبعضُ أنواعِ الحجرِ الكِلسيِّ هي صُخورٌ رُسوبيَّةٌ كيماويَّةٌ نَموذجيَّة.



طَبَقاتُ الصَّخرِ الرَّمْليِّ أكثرُ مُقاوَمةً للحَتِّ من طَبَقاتِ الطَّفْل.

طَبَقاتٌ من الرُّسابات

الرُّساباتُ التي تُصبحُ في النهايةِ صُخورًا رُسوبيَّةً قد تُغطّي كامِلَ قاعِ البَحْرِ أو مِساحاتٍ صغيرةً منه. أما حيثُ تلتقي بيئتانِ، كما في مَصَبِّ دِلْتاويٍّ في البَحْرِ، فهُنالكَ مَزيجٌ من مختلِفِ أنواعِ الرُّسابات.

تكوُّنُ الصُّخورِ الرُّسُوبيَّة

العمليَّةُ التي تتحوَّلُ بها الرُّساباتُ السَّائبةُ في قيعانِ البحارِ والأنهارِ إلى صخورٍ رُسوبيَّةٍ صَلْدةٍ تُعرَفُ بالتصخُّر. ويَتِمُّ ذلك على مَرحلتَين: في الأولى، تُضغَطُ الرُّسابةُ بفعلِ الطبقاتِ المُتراكمةِ المُتزايدةِ فوقَها، فتُطرَدُ الجُيوبُ الهوائيَّة، وتُرَصُّ جُسيماتُ الرُّساباتِ وتتواشَجُ. في المرحلةِ الثانية، تترسَّبُ معادِنُ المياهِ الجوفيَّةِ السَّاريةِ عَبْرَ الصخورِ - غالبًا الكالسيْت والسِّليكا - فتتراكَمُ فوقَ جُسَيماتِ الرُّساباتِ مُسَمِّتةً إيّاها في كتلةٍ مُصْمَتةٍ جامِدة.

في الوقتِ الحاضِر

الرُّساباتُ التي تَمَّ تحوُّلُها إلى صخرٍ رُسوبيٍّ، قد ترتفِعُ بالتحرُّكاتِ الأرضيَّةِ إلى السَّطحِ وتتعرَّضُ للتَّحات. فالصخورُ الأصلَدُ، كالحجرِ الرَّمْليِّ أو الكِلسيِّ، قد تُقاوِمُ التَّحاتَ، فيما الصخورُ الأقلُّ صلادةً، كالطَّفْلِ، قد تتآكَلُ بِسرعة، مُشكِّلةً مُنبسَطًا أرضيًّا مُتدرِّجًا، وهذه العمليَّةُ مُستمِرَّةُ الحُدوثِ حاليًّا.

حِجارةُ البِناء

إنَّ مُستوياتِ التَّطبُّقِ - أي فَواصِلَ طَبَقاتِ الصَّخرِ المُتمَيِّزة - تَجعلُ الصُّخورَ الرُّسُوبيَّةَ سهلةَ الانفِلاقِ والتشكيل. أمّا الصخورُ الرُّسُوبيَّةُ الأصلَدُ والأسمَكُ تَطَبُّقًا، كالحجرِ الرَّمْليِّ والجيريّ، فتُستخدَمُ عادةً كموادَّ للبِناء.

مَنْزِلٌ من الحجرِ الأسمَرِ الرَّمْليِّ في نيويورك، بالولايات المتحدة.

لمزيد من المعلومات انظر
الدَّورات ص ٣٠
نُشوءُ الجبال ص ٢١٨
الصُّخورُ والمعادِن ص ٢٢١
التَّجوِيةُ والتَّحات ص ٢٣٠
الأنهار ص ٢٣٣

الصُّخورُ المُتحوِّلَة

في صِناعة الخُبزِ يُعْجَنُ الطَّحينُ والخَميرةُ والماء معًا ثُمَّ يُخْبَزُ (يُشْوَى) العَجينُ في فُرْنٍ حارّ. وبطريقةٍ مُماثِلة، تُحَوِّلُ الحرارةُ وضغْطُ الصخورِ الفَوقيَّةِ طبيعةَ الصُّخور تحتَها؛ وتُسَمَّى هذه عمليَّةَ التحَوُّل. هُنالكَ نوعانِ رئيسيَّان من الصخورِ المتحوِّلة، أوسَعُها انْتِشارًا الصخرُ الإقليميُّ الديناميُّ التحوُّل. ويَطالُ هذا النوعُ كُتَلًا ومقاديرَ ضخمةً، ويقعُ في قَلْبِ سَلاسلِ الجِبالِ وفي أعماقِ قِشْرةِ الأرض. ويُعرَفُ النوعُ التالي بالصخرِ الحراريّ (التَّماسّيّ) التحَوُّل، ويتكَوَّنُ بالحرارة من صخرٍ بُركانيٍّ مُجاورٍ عنْدَ تَماسِّ الصَّخرَيْن؛ ولا يَطالُ هذا التحَوُّلُ إلّا كُتَلًا ومَقاديرَ مَحدودةً لا تتجاوَزُ سماكَتُها بِضعَ سَنتيمترات.

الرُّخام

الرُّخامُ نوعٌ من الصخرِ الحراريّ المُتحوِّل، ينشأُ بتأثيرِ الحرارة على الحجرِ الجيريّ. وهو مادَّةُ بِناءٍ ونَحْتٍ جذّابةٌ بفَضْلِ نَسْجِه الناعمةِ وبِنْيَتِه المُتغايرةِ تبعًا لما به من شوائبَ. فمن الرُّخامِ ما هو أبيضُ كالثَّلجِ أو مُعَرَّقٌ بالبُنّيّ أو الأحمرِ أو الأخضرِ أو الرَّماديّ.

رُخام

يتغيَّرُ تركيبُ الصُّخور بالتحوُّلِ المعدنيّ. ويَنْتُجُ هذا التحوُّلُ بفعلِ الموائعِ الحارّةِ المُنْتَقِلَة من اندساسٍ بُركانيّ.

ينشأُ المِيْلونيْت، وهو صخرٌ مُتحوِّلٌ، من تحرُّكاتِ أحدِ الصُّدوع.

أرْدُواز

التحوُّلُ الضئيلُ يُكَيِّفُ بعضَ المعادن تبلُّورًا جُزْئيًّا فقط.

المعادنُ المُتحوِّلةُ مُتراصِفةٌ تبعًا لاتّجاه الضغط.

الصُّخورُ المتحوِّلةُ العميقة تُظهِرُ علاماتِ انْضِغاطٍ، لا اجهادٍ مُوَجَّه.

الإندساسُ البُركانيُّ يُوَفِّرُ الحرارةَ للتحوُّلِ الحراريّ.

طبقةٌ رقيقةٌ هالِيَّةٌ من الصخرِ الحراريّ المُتحوِّلِ حَوْلَ الاندساس.

نِطاقٌ من الضغط والحرارة الأعظَمَيْن في جُذورِ الجبال.

تتألَّفُ القِشْرةُ القارِّيَّة التَّحتيّةُ من صخورٍ إقليميّةٍ مُتحوِّلةٍ عالية الرُّتبة.

الأرْدُواز

الأرْدُوازُ صخرٌ رَماديٌّ داكِنٌ، بَرّاقٌ، يتفلَّقُ بسُهولةٍ إلى شرائحَ رقيقةٍ، بسبب مُحتواهُ من بلُّوراتِ المِيكا المُسطَّحةِ المُتشكِّلةِ فيه بالتحوُّل. وهو صخرٌ إقليميٌّ مُتحوِّلٌ خفيضُ الرُّتبة، يتكوَّنُ من تحوُّلِ صخرٍ دقيقِ الحُبَيْباتِ كالطَّفْل.

الشِّسْت

الشِّسْتُ صخرٌ إقليميٌّ مُتحوِّلٌ عالي الرُّتبة مُتعدِّدُ الأنواع. ومعادِنُ الشِّسْتِ وَرَقيَّةٌ أو مُوازيةُ الترتيبِ كامِلةُ التحوُّل.

شِسْت

نايس

النّايس

النّايسُ أعلى رُتَبِ الصخورِ الإقليميّة المتحوِّلة، تنفصلُ معادِنُه في نُطُقٍ مُتمَيِّزة. يتصدَّعُ النّايسُ في كُلِّ الاتجاهات، إلّا على امتدادِ التَّفَلُّق، كما هي الحالُ في الشِّسْت والأرْدُواز.

تكَوُّنُ الصُّخورِ المُتحَوِّلَة

الضَّغْطُ والحرارةُ في أعماقِ الأرضِ يَهصُرانِ الصُّخورَ الرُّسوبيّةَ والبُركانيّةَ المُتواجدةَ ويشْويانِها لِتكَوُّنِ الصُّخورِ المُتحوِّلة. ويُغيِّرُ هذانِ العامِلانِ مُحتوى الصَّخرِ المَعدِنيّ بصورةٍ كامِلةٍ أحيانًا كما هي الحالُ في النّايس، الصخرِ المُتحوِّلِ العالي الرُّتبة. وأهميَّةُ هذا التحَوُّلِ هي في تَغَيُّرِ التركيبِ المَعدِنيّ للصخرِ في الحالة الجامِدة. فلو انْصَهرَ الصَّخْرُ فقَطْ ثمّ تصَلَّبَ ثانيةً لَظَلَّ صخرًا بُركانيًّا. والصخرُ الإقليميُّ المتحَوِّلُ لا ينكشِفُ إلّا بَعْدَ مَلايينِ السِّنينَ من التَّحات.

استِعمالاتُ الأرْدُواز

استِخدامُ الأرْدُوازِ كمادَّةِ تَسْقيفٍ أو كسَطْحٍ أملَسَ للسَّبُّوراتِ انْخَفَضَ بمُنافَسَةِ الموادِّ الحديثة. ميزةُ الأرْدُوازِ المُهِمَّةُ هي سُهولةُ التَّفَلُّق، وذلك بفَضْلِ بِلَّوراتِه المِيكاوِيَّةِ المُسَطَّحة.



سَقْفُ مَنْزِلٍ من الأرْدُواز ببريطانيا.

لمزيد من المعلومات انْظر

الأَحافِير

الزَّهرةُ المَكبوسَةُ بين طيّاتِ كِتابٍ ثَقيلٍ، أو في مِكْبَسِ أزهارٍ يُمكِنُ حِفْظُها لِعِدَّةِ سَنَوات. كذلك تعمَلُ الصخورُ على حِفْظِ النباتاتِ والحيواناتِ كأحافير. والأُحْفُورةُ هي بَقايا كائنٍ عاشَ في زمَنٍ غابِرٍ، حُفِظَتْ في الصخرِ؛ وقد تكونُ جِسْمًا بكامِلِه، أو عظمةً واحدة، أو مُجرَّدَ آثارِ أقدام. تَروي لنا الأحافيرُ قِصَّةَ الحياةِ في العُصورِ الغابِرة، كما تُساعِدُنا في تأريخِ الصُّخورِ والبيئاتِ القديمة. ففيها نتبيَّنُ مَساراتِ الماموثاتِ (الفِيَلَةِ المُنقرِضة) في قِفارِ التَّندرا في العصرِ الجَليديّ منذُ بِضعةِ مَلايينِ سنة، والدينوصوراتِ التي سادَتِ العالَمَ قَبْلَ ذلك بعَشَراتِ ملايينِ السنين. كما تُنبِئُنا أنَّ جميعَ أشكالِ الحياةِ قَبْلَ ذلك بأزمانٍ كانت في البَحْر. إنَّ كَثْرَةً من تلكَ الكائناتِ حُفِظَتْ بقاياها في الأرضِ كأحافير.

آثارُ أقدام

أحفورةُ الأثَرِ لا تحوي أجزاءً من الكائنِ الأصليّ، إنّما هي بَقايا آثارٍ تَدُلُّ عليه. وقد تشمَلُ هذه الأحافيرُ دَعسةَ ديناصورٍ كالتي تَراها في الصورة المُقابلة، وهي وُجِدَتْ في صخرٍ رَمْليّ في كُونِيكْت، بالولايات المُتَّحدة. كذلك يُعتبَرُ الرَّوثُ القديمُ المَحفوظُ ضَربًا من الأحافيرِ يدعوهُ عُلماءُ الجيولوجيا نَجْوًا مُتحجِّرًا (كوبْرُولِيت).

الحَشَرةُ المُحتبسةُ في صَمْغِ الشَّجرِ تُحفَظُ بكامِلها عندما يتحوَّلُ الصَّمْغُ إلى كَهرمان.

أنواعُ الأحافير

هنالك أنواعٌ عديدة من الأحافيرِ المَحفوظة، ونادِرًا ما يوجدُ الحيوانُ أو النباتُ بكامِلِه. وغالبًا ما يكونُ الهيكلُ الصُّلْبُ منه هو المُتبَقّي – وفي هذه الحال كثيرًا ما تكُونُ المَعادِنُ قد حَلَّتْ فيه مَحَلَّ المادّةِ الأصليّة. أما إذا كانت المادةُ العُضويّةُ قد تَعَفَّنَتْ وانْدثرَتْ بكامِلِها، فيبقى فقط تجويفٌ أحفوريٌّ يُشاكِلُ الأصلَ المُندثِر.

قد تتَحلَّلُ أوراقُ النبات في الطَّفْل تاركةً فيلمًا رقيقًا من الكربون بشكْلِ الورقةِ الأصليّ. وإذا ما حدثَ هذا لغاباتٍ بكامِلِها، فالناتجُ هو فحمٌ حجَريّ.

أسنانُ سمكِ القِرْش صُلبةٌ ومتينة، لذا تبْقى دُونما تحوُّل، خِلافًا لباقي الهيكلِ (الغُضْروفيّ).

انْحِلالُ البقايا الأصليّة بكامِلها، قد يترُكُ تجويفًا في الصخرِ يُدعى قالِبًا. فإذا امتلأ القالبُ بالمعادنِ لاحِقًا، فإنّه يُنتِجُ أحفورةً تُدعى صَبّةً أو مَصْبوبةً.

قالَبٌ

صَبّةٌ

ماري أَنِنْغ

ماري أَنِنْغ (١٧٩٩-١٨٤٧)، من دُورْسِت بجنوبي انكلترا، كانت شديدةَ الاهتمام بالأحافير؛ وأصبحَتْ إحدى أشهَرِ جامِعي الأحافيرِ المُحترفِين الأوائل. وهي مع شقيقِها جوزيف، كصَبِيَّيْن، عثَرا على أوّلِ هيكلٍ عظميٍّ كامِلٍ لزاحفٍ سَبّاحٍ يُدعى الزّاحِفَ السمكيَّ (الإيكثيوسُورس).

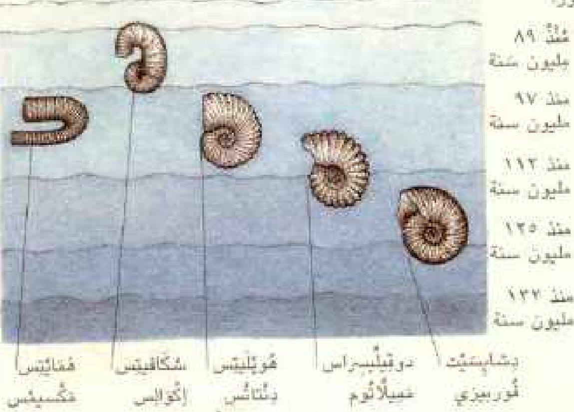
الحيواناتُ الأحفوريّةُ (المُتحجِّرةُ) التي تطوَّرتْ بسُرعة، وانتشرتْ في مناطقَ واسعةٍ من العالَم، هي الأكثرُ نَفْعًا في تأريخِ الصخور. والامونَيْت، وهو أحفورةُ حيوانٍ أُخطُبوطيِّ الشكل في صَدفةٍ حلزونيّة، مَثَلٌ جيّدٌ على تلك الكائنات.

قلّما تتواجدُ الأحافيرُ مُستقِلّةً بنَفْسِها، فغالبًا ما يُحفَظُ العديدُ منها في جميعات. وهذه الجميعاتُ الأحفوريّةُ تُعطينا فِكرةً عن البيئاتِ القديمة وعن طُرُقِ عَيْشِها ووسائلِ مَعيشتِها في تلك الظروف.

نِمْرٌ سَيفيُّ النّابَيْن

عندما يوجدُ هيكلٌ عظميٌّ محفوظًا بالكامل، فقد يُركَّبُ ويُسنَدُ في مُتحفٍ ويُعْرَضُ للعموم. مِثالُ ذلك هذا الهيكلُ العظميُّ الأُحْفوريّ لِنِمْرٍ سَيفيِّ النّابَيْن وُجِدَ في حُفَرِ القارِ في لوس أنجلوس، كاليفورنيا، بالولايات المُتّحدة.

يُساعِدُ الامونَيْت في تأريخِ الصُّخور.



مجموعةُ امونَيْت في حجرٍ طباشيريٍّ احمر

التأريخُ الأُحفوري

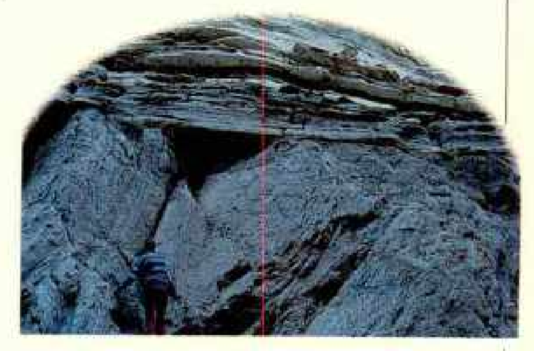
الأحافيرُ تُساعِدُ في تأريخِ الصخور. فإذا حَوَى الصَّخرُ أُحفورةَ حيوان، نعرفُ أنّه عاشَ خِلالَ عصرٍ مُعيَّن، عندئذٍ يُمكِنُنا تأريخُ الصخرِ منذُ ذلك العَصْر. وإذا وُجِدَتْ في ذلك الصخرِ أحافيرُ عديدةٌ معروفةُ التواريخ، يصبِحُ التأريخُ أكثَرَ دِقّةً؛ ذلك لأنّ الصخرَ يكونُ قد تكوَّنَ وتراكبَ أثناءَ تعاقُبِ تلك العُصور.

لمزيدٍ من المعلومات انْظُر

الكربون ص ٤٠
الصخورُ والمعادِنُ ص ٢٢١
الصخورُ الرُّسوبيّةُ ص ٢٢٣
الصخورُ سِجِلّاتٌ جيولوجيّةٌ ص ٢٢٦
التَّجْويةُ والتَّحاتُ ص ٢٣٠
حقائقُ ومَعلوماتٌ ص ٤١٥

الصُّخورُ سِجلَّاتٌ جيولوجيَّة

الصُّخورُ التي نُشاهِدُها حَوْلَنا اليومَ زاخرةٌ بأحافيرَ دلاليَّةٍ من الماضي تُسَجِّلُ الكثيرَ من تاريخِ الأرض، كأنَّها صفحاتٌ في كتاب. ولما كانت طبقاتُ الصَّخرِ الرُّسوبيِّ قد تَرَسَّبت، على الزمَن، بعضُها فوقَ بعض، فإنَّ الطبقاتِ السُّفلى هي بالطَّبع الأقدمُ عهدًا. والجيولوجيُّ الخبيرُ، بتحرِّيهِ هذه الطبقاتِ بالدَّرْسِ الدقيق، تتبيَّنُ له الظروفُ الحياتيَّةُ والبيئيَّةُ التي ترسَّبتْ فيها كُلُّ طَبقة. فتَرْكيبُ الصخرِ وبِنْيتُه ومُحتواهُ الأُحفوريُّ ترسُم، بمجموعِها، صورةً لِبيئةٍ مُعيَّنة في الماضي السحيق. إنَّ دراسةَ الصخورِ هٰذه تُدعى عِلْمَ وَصفِ طبقاتِ الأرض، أو الجيولوجية التاريخيَّة.



لا تَوافُقٌ طبقيٌّ، في صخور الأُخدودِ العظيم (الغراند كانْيون) في اريزونا، بالولايات المتحدة.

لا تَوافُقٌ (طبقيّ)

إنَّ أيَّ انقطاعٍ في توالي التطبُّقِ الصخريِّ يُدعى لا تَوافُقًا. وهو يحدُثُ عندما تُرفَعُ طبقةٌ صخريَّةٌ لِتكوِّنَ سِلسلةً جبليَّة، ثمَّ تُصبِحُ بالحَتِّ والتَّجوية سَطحًا مُستويًا يَغمُره البَحْر، وتترسَّبُ فوقَه طبقاتٌ صَخريَّة. وهذا يُحدِثُ ثُغرةً في سِجلِّ تاريخِ الأرض.

تعاقُبُ الصخور

يُستنبَطُ تاريخُ منطقةٍ ما من توالي صُخورِها وتعاقُبِها. فإذا لم يَعْتَرِ عمودَ الصخورِ أيُّ اضطراب، تكُونُ طبقاتُ الصخرِ السُّفلى، حتمًا، هي الأقدمَ والطبقاتُ الأعلى هي الأحدثَ عَهدًا - وهذا هو مَبدأُ التضايُفِ التراكُبيّ. وهكذا، فإنَّ طبقاتِ الصخرِ تُمثِّلُ عُصورًا تعاقبَتْ واحِدُها بعدَ الآخر. وهذا النَّموذَجُ يحكي قِصَّةَ بحرٍ ضَحلٍ غَمرتْهُ دِلْتا نَهرٍ بالرَّمْل ثمَّ غدا في النهاية صحراء.

حُبَيباتُ الرَّمْلِ المُكوَّرةُ تُنْبِئُ أنَّها انْصقلت بالرِّيح، وهي قد تلوَّنت بالحُمرة لِمحتواها من أكسيدِ الحديد، المُتكوِّنِ بفعلِ هواءِ الصحراء الجافّ.

الصَّخرُ الأحدثُ عَهْدًا هو طبقةٌ سميكةٌ من الحجرِ الرَّمْليِّ الأحمر، وهذا دليلٌ على بيئةٍ صحراويَّة.

الحجرُ الرَّمْليُّ مُتصالبُ التَّطبُّق. وهذا يَحدثُ من تحرُّكِ كُثْبانِ الرَّمْلِ بعضُها فوقَ بعض.

البيئةُ الصحراويَّة

في الصحراء، تَسْفي الرياحُ الرَّمْلَ من مَكانٍ إلى آخرَ ليستقِرَّ موقتًا في كُثبانٍ رمليَّة. وتتشحَّجُ قُرونُ حُبَيباتِ الرَّمْلِ بالاحتكاك فيَتحدُ مُحتواها من الحديد بأكسجينِ الهواء فتشوبُها حُمرةٌ مُميَّزة.

الطَّفْلُ يتكوَّنُ من الوُحول، والحجرُ الرَّمْليُّ من رَمْلِ الضِّفافِ النهريَّة، والفحمُ الحجريُّ من النباتاتِ النامية في تلك الضِّفاف.



بيئةٌ دِلتاويَّة

في الدِّلْتا، تجلبُ روافِدُ النهرِ الرَّمْلَ إلى البَحر، فيُغطِّي قُراراتِ البحرِ المُوحِلة ويكوِّنُ جُزُرًا تنمو فوقَها النباتات. لكنَّ هذه الجُزُرَ هي جُزُرٌ مُوقَّتةٌ لأنَّ غالبًا ما يَغمرُها البَحرُ لاحقًا.

تتواجدُ فوقَ الحجرِ الكلسيِّ طبقاتٌ رقيقةٌ من الطَّفْلِ الطَّريِّ والحجرِ الكلسيِّ الرماديِّ الصُّلْب، مع بعضِ طبقاتٍ من الفحمِ الحجريّ.

أقدمُ الصُّخورِ تتواجدُ في القاع - كطبقةٍ سميكةٍ من الحجرِ الكلسيّ (كربونات الكالسيوم) حافلةٍ بالأحافيرِ الصَّدفيَّة، مما يُنْبئُ أنَّ المنطقةَ كانت مغمورةً بمياهِ البَحر.

عِظامُ دَيْنوصورٍ وُجِدتْ في يُوتا، بالولايات المتحدة الأمريكيَّة.

بيئةُ قاعِ البَحر

إذا كان البَحرُ دافئًا وضَحلًا، وتيّاراتُه وئيدة، تترسَّبُ كيماويَّاتُ مياهِ البحرِ على قاعِه، وتمتزجُ ببقايا الحيواناتِ التي عاشتْ هناك.

كربوناتُ الكالسيوم المُذابةُ في الماء، تترسَّبُ كقُرارةٍ من البلُّوراتِ البيضِ الدقيقةِ على قاعِ البَحر.

عندما تموتُ الحيواناتُ الصَّدفيَّةُ البحريَّةُ تتجمَّعُ أصدافُها على قاعِ البَحر (إذا لم يكنْ هُنالك تيّاراتٌ قويَّةٌ تجرُفها بعيدًا).

الأحافيرُ في الصُّخور

بعضُ الحيواناتِ لا يستطيعُ العَيْشَ إلّا في أحوالٍ بيئيَّةٍ مُعيَّنة. إنَّ وُجودَ مثلِ هذه الأحافيرِ في طبقةٍ صخريَّةٍ يُنْبِئُ عُلماءَ الجيولوجيةِ عن الظروفِ التي تكوَّنَ فيها ذلكَ الصَّخر.

إكْتِشافات

١٦٥٠ المُطرانُ أشَر من ايرلندا يُحَدِّدُ العام ٤٠٠٤ق.م. تاريخًا لخلقِ الأرض.

١٦٦٩ عالِمُ المعادِنِ الهولنديُّ نقولاوس ستينو، يلحَظُ أنَّ الصُّخورَ الرُّسوبيَّة تكوَّنت في البَحر وأنَّ سَطحَ البحر، بالتالي، يتغيَّرُ دومًا.

١٧٨٨ العالِمُ الجيولوجيُّ الاسكتلنديّ، جيمس هتون، يُقرِّرُ أنَّ الصخورَ الرُّسوبيَّة تكوَّنت بالنَّحاتِ والترسُّب.

١٨٣٠-١٨٣٣ العالِمُ الجيولوجيُّ البريطانيّ، السير شارل لايل، ينشرُ كتابه «مبادئ الجيولوجية»، يقولُ فيه إنَّ العواملَ المؤثِّرة في سَطحِ الأرضِ حاليًّا لم تنقطع طَوالَ جميعِ مراحلِ تاريخِ الأرض.

العَلاماتُ التَّيّاريَّة

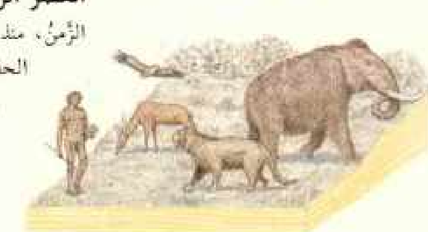
التَّطبُّقُ المُتمعِّجُ (المعروفُ بالعلامات التيّاريَّة) في طبقةٍ من الحجرِ الرَّمْليّ، يُنْبِئُ أنَّ الرَّمْلَ قد ترسَّبَ في نَهر، وأنَّ تيّارَ النهرِ المُتغيِّرَ كوَّنَ «الألسِنةَ» الرَّمْليَّةَ الباقية.



علاماتٌ تيّاريَّةٌ واسِعةُ النِّطاقِ في صُخورِ وِيلْدن الرَّمْليَّة في ساسِكْس، بإنكلترا.

العَصرُ الرَّابع

الزَّمنُ، منذ ١,٦٤ مليون سنة حتى الوقتِ الحاضر، يُدعى العصرَ الرابع - وخِلالَه حدثَ العصرُ الجليديُّ وتطوَّرَ الإنسانُ (أنظُر الرَّسمَ المُقابِل).



جيمسْ هَتُن

كانَ الاسكُتلنديُّ، جيمس هَتُن (١٧٢٦-١٧٩٧) مُؤرِّخًا جيُولوجيًا فَذًّا. فقد نشَرَ في العام ١٧٩٥، كتابًا بعُنوان «نظرية في عِلم الأرض» بيَّنَ فيه أنَّ مَعالِمَ الأرض تطوَّرتْ وتتطوَّرُ على مدى العَديدِ من السِّنين بفِعْلِ تغيُّراتٍ لا تَزالُ فاعِلةً في الوقتِ الحاضر. كما أرتأى أنْ ليسَ هناكَ علاماتٌ تدُلُّ على بِداية الأرض، ولا دلائلُ مُستقبليَّةٌ على نِهايتِها.

العَصرُ الثالِث

الزمنُ المُمتدُّ من ٦٥ مليون حتى ١,٦٤ مِليون سنةٍ خَلَتْ، يُدعى العصرَ الثالث. وخِلالَه ظهرَتِ اللبوناتُ (الثديِيَّاتُ) والطيورُ لِتَحُلَّ محلَّ الدينوصوراتِ والزواحفِ الضخمةِ الأخرى التي أنقرضَتْ أو كادَتْ. كما تراجعتِ الغاباتُ لِتَحُلَّ مَحلَّها السُّهوبُ العُشبيةُ وأصبحَ المُناخُ أبرد.

العَصرُ الطباشيريّ

إستمرَّ العَصرُ الطباشيريُّ من ١٤٦ مِليون إلى ٦٥ مليون سنة قَبلَ العصرِ الحاضِر. نَشِطتْ في الأرضِ خِلالَهُ الزواحفُ الضخمةُ؛ وفيهِ أنفصلَتْ مُعظمُ القارّاتِ الحديثةِ عن كُتلةِ اليابسةِ الأمِّ (البانْجيا) وغمرتِ الكثيرَ منها بِحارٌ طباشيريَّةٌ ضَحْلة.

الأزمِنةُ الجيُولوجيَّة

يمكِنُ توقيتُ الأحداثِ في تاريخِ الأرض بإحدى طريقَتَين. الطريقةُ الأولى والفُضلى هي التأريخُ المُقارَنُ، حيثُ يُوقَّتُ الحَدَثُ قَبلَ أو بَعْدَ حَدَثٍ آخر. أمّا الطريقةُ الأخرى فهي التأريخُ المُطلَقُ حيْثُ تُعطَى الأحداثُ تواريخَ فِعليَّةً مُحدَّدة. لكنَّ التأريخَ المُطلَقَ عَسيرٌ جِدًّا؛ إذ إنَّ جدولَ الأزمنةِ المُحدَّدةِ هكذا قد يتغيَّرُ مع كُلِّ بَيِّنةٍ جديدة تُكتشَف.

الرابع
الثالث
الطباشيري
الجوراسي
الثلاثي
البرمي
الكربوني
الديفوني
السِّيلوري
الأردوفيسي
الكمبري
قبل الكمبري

العَصرانِ الثلاثيّ والجُوراسيّ

إمتدَّ العَصرانِ الثلاثيُّ والجُوراسيُّ من ٢٥٠ مليون إلى ١٤٦ مِليون سنةٍ قبلَ العصرِ الحاضر. وكانت الزواحفُ قد أخذتْ بالتطوُّرِ على الأرض، كما بدأتْ أُمُّ القارّاتِ بالتفكُّكِ وتراجعتِ الصحارَى لِتَحُلَّ محلَّها الغاباتُ والمُستنقعات.

عَمُودٌ جيُولوجيّ

كما نُؤرِّخُ تاريخَ البَشَرِ بتَسْميةِ العُصور بأسماءِ أحداثٍ مَشهورةٍ فيها، كالعَصْرِ قَبْلَ كولُمبوس، كذلكَ نُقسِّمُ الزمنَ الجيولوجيَّ إلى عُصورٍ تَبَعًا لِنوعِ الحياةِ السائدةِ في تلكَ العُصور. ونَجْمعُ هذه العصورَ معًا في حُقَبٍ جيولوجيَّة.

العَصرانِ الكَربونيّ والبِرميّ

إمتدَّ هذانِ العَصرانِ من ٣٦٣ مليون إلى ٢٥٠ مليون سنةٍ قبلَ العَصرِ الحاضِر. وفيهما تمَّ تجمُّعُ القارّاتِ لِتأليفِ كُتلةِ اليابسةِ الكُبرى (البانْجيا أو أُمِّ القارّات)؛ ونَمتِ الغاباتُ (التي كوَّنتِ الفحمَ الحاليّ) في الدِّلتاواتِ حوْلَ ما تكوَّنَ من جبالٍ وصَحارَى.

العصرُ الدِّيفونيّ

دامَ العَصْرُ الديفونيُّ من ٤٠٩ ملايينَ إلى ٣٦٣ مليون سنة قبلَ العَصرِ الحاضِر. وفيه بدأتِ القارّاتُ بالتحرُّكِ بعضُها نحوَ بعض، وظهرتْ حيواناتُ اليابسةِ الأولى كالحشَراتِ والبَرمائيّات؛ كما زَخرتِ البِحارُ بالأسماك.

العصرانِ الأردوفيسيّ والسِّيلوريّ

إمتدَّ هذانِ العَصرانِ من ٥١٠ ملايينَ إلى ٤٠٩ ملايينَ سنةٍ قَبْلَ العَصرِ الحاضر. وفي ذلكَ الزمنِ، ازدهرتِ الحياةُ البحريَّةُ وظهرتِ الأسماكُ الأولى؛ كما أخذَتْ نَباتاتُ اليابسةِ الأولى تنمو حَوْلَ الشواطئِ ومَصَبّاتِ الأنهار.

التأريخُ الإشعاعيّ

في مُعظمِ الصُّخورِ تُوجَدُ كمِّيةٌ ضئيلةٌ من العناصِرِ المُشِعَّة؛ ومع مُرورِ الزمن، تتفكَّكُ هذه إلى عناصِرَ أكثرَ أستقرارًا. ولمّا كانَ العلماءُ يعرفونَ مُعدَّلَ تفكُّكِها بالضَّبط، فإنَّه يُمكِنُ أحتِسابُ عُمْرِ الصَّخرِ من نِسْبةِ العناصرِ المُشِعَّةِ المُتبقِّيةِ التي يَحتويها. فكُلَّما تضاءلَتْ كمِّيةُ تلكَ العناصِر، يكونُ الصَّخرُ أعتَقَ؛ وهذا نَوعٌ من أنواعِ التأريخِ المُطلَق.

العَصرُ الكَمْبريّ

إمتدَّ العَصرُ الكَمبريُّ من ٥٧٠ مِليون إلى ٥١٠ ملايينَ سنة قبلَ الوقتِ الحاضر. وفيه لم تكُنِ الحياةُ قد بدأتْ على اليابسة، لكنَّ مختلفَ أنواعِ الحيواناتِ البحريَّةِ كانتْ مُتواجِدة؛ والحيواناتُ الصَّلْدةُ المَحارِ منها هي التي كوَّنتِ الكثيرَ من أحافيرِ عَصرِنا الحاضِر.

لمزيد من المعلومات انظُر

النشاطُ الإشعاعيّ (الفاعليّةُ الإشعاعيّة) ص ٢٦
بِنْيةُ الأرض ص ٢١٢
الصُّخورُ والمعادِن ص ٢٢١
الأحافير ص ٢٢٥
التَّجويةُ والتَّحاتّ ص ٢٣٠

العَصرُ قَبلَ الكَمْبريّ

هذا العَصْرُ هو أطولُ الأزمانِ الجيُولوجيَّةِ أمتِدادًا، إذْ يَستَغرِقُ سبعةَ أثمانِ تاريخِ الأرضِ حتى ٥٧٠ مليون سنة قبلَ الوقتِ الحاضِر. وهو يُقسَمُ إلى عَصْرَين: الأزكيّ الباكرِ الذي لَمْ تتواجَدْ فيه حياةٌ، وعصرِ طلائعِ الأحياءِ حيثُ بدأتْ بعضُ أشكالِ الحياةِ بالظهور.

الجَليدُ والمَثالِج

إذا كَبَسْتَ قَبْضَةً من الثلج فإنّها تتماسَكُ وتَصلُبُ – ذلك لأنَّ ضغطَ اليدِ يُحوِّلُ جُسَيماتِ الثلج إلى بِلَّوراتٍ جليديّة. ويَحْدُثُ الشيءُ نفسُه عندما تتراكَمُ كُتَلُ الثلج الضخمةُ بعضُها فوقَ بعض، مُحوِّلَةً الطبقاتِ التَّحتيَّة، بضغطِها، إلى جَليد. وقد يحدُثُ هذا في وادٍ جبليٍّ أو سَفْحٍ تُظَلِّلُه سِلْسِلةٌ جبليَّة، حيثُ يَتراكَمُ الثلجُ، دونَ انصهار، سنَةً بعدَ سنَة. فيَكوِّنُ الثلجُ المضغوطُ في التجاويف كتلًا جَليديَّةً، تتحرَّكُ بِبُطءٍ نحوَ السُّفوحِ الأخفضِ تُعرَفُ بالمَثالِج. وفي القارّات الباردةِ، يتراكمُ الجليدُ مُكَوِّنًا قَلانِسَ جليديَّةً ضخمة.



بُحيرةٌ على ارتفاع ١٨٠٠م في وادي فَلكا ستُودينا، دُولينا، بتشيكوسلوفاكيا.

بُعْدَ المَثْلَجة

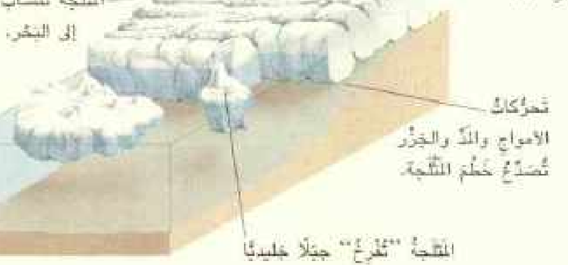
تَبْذُلُ مَثْلَجاتُ الأودية ضغطًا كبيرًا على قاعدةِ الوادي وجوانبِه فتَسْحَلُها. وعندما ينصهرُ الجليدُ لاحقًا يبدو الوادي نُونيَّ الشكلِ – عموديَّ الجانبَيْن مُسَطَّحَ القاع.

مَثْلَجةٌ ودِيانيَّة

يبدأُ جليدُ المَثلجة بالتحرُّكِ مَليسًا نظيفًا مُغطًّى بالثلج، لكنّه سُرعانَ ما يتصدَّعُ ويتلطَّخُ بحُتاتِ الصخورِ المُتآكِلِ من جوانبِ الوادي. أمّا طَرَفُ المَثلجةِ السُّفليُّ (أو الخَطْم) فيبدو أكثرَ اتّساخًا لأنّ بعضَ الصخورِ الدفينةِ تظهرُ الآنَ على السَّطح. كما إنَّ الفِجاجَ والأنفاقَ التي تحفِرُها مياهُ الانصِهارِ في الجَليد، تَزيدُ في اتّساخِه.



هذا الجُلمودُ خَلَّفَتْه مَثلجةٌ في شَرقيِّ جرينلَنْد.



جبالُ الجَليد في نِصفِ الكُرة الشماليّ

عندما تصلُ المَثلجةُ إلى البَحر، خاصّةً على امتدادِ سواحلِ جرينلَنْد، يُماوِجُها المَدُّ والجزر والأمواجُ صُعودًا وهُبوطًا؛ فتتصدَّعُ (وتتولَّدُ) منها قِطَعٌ ضخمةٌ تطفُو بعيدًا كجبالٍ جليديّة.

الأنقاضُ الجَليديّة

الموادُّ الصخريّةُ التي تلتقِطُها المَثْلجاتُ وتحمِلُها معها ثمّ تُخلِّفُها بالانصِهار تُدعى رُكامًا جَليديًّا. وقد يحوي الرُّكامُ كُوَمًا من الطّين أو جلاميدَ ضخمةً كانت قد حُمِلَتْ لعِدّةِ أميال. إنَّ مُعظمَ طبيعةِ الأرضِ في نِصفِ الكرةِ الشماليِّ قد تشكّلت من الرُّكَمِ الجليديّةِ التي خلّفتها المَثالِجُ بعدَ العصرِ الجَليديّ.

العُصورُ الجَليديَّة

في أزمنةٍ مُعيَّنة من تاريخ الأرض، تشتدُّ برودةُ المُناخ ويَعُمُّ الأرضَ غِطاءٌ جَليديٌّ شاسع. وتُعرَفُ هذه الأزمنةُ بالعصور الجليديَّة. وقد بدأ أحدثُها منذ ١٫٦ مليون سنةٍ وانتهى منذ ٢٠,٠٠٠ سنة. وكانت قد حدثَتْ عصورٌ جليديَّة أخرى سالِفًا - منها أربعةٌ في عصور ما قبل الكَمبريّ وواحدٌ في العصر الأردوفيسيّ وآخَرُ في أواخر العَصرِ الطباشيريّ وأوائل العصرِ البِرميّ.

لويس أجاسيز

كانَ السويسريُّ، لويس أجاسيز، أوَّلَ من أدركَ حدوثَ عُصورٍ جَليديَّة سالِفًا. فقد لاحظَ أنَّ بعضَ مَعالِمِ طبيعةِ الأرض في سويسرا قد كوَّنتها المَثالج. ثُمَّ شاهدَ مَعالمَ مُماثِلةً في اسكُتلندا حيثُ لا تتواجدُ مَثالجُ حاليًا. فاستنتجَ أنَّ اسكُتلندا كانت مُغطَّاةً بالجَليد في زمنٍ ما سالِفًا.

لويس أجاسيز (١٨٠٧-١٨٧٣)

غِطاءٌ جَليديٌّ

في أقصى الشمالِ وأقصى الجنوب، تتراكمُ المَثالجُ فوقَ مناطقَ قاريَّةٍ مُشكِّلةً أغطيةً، أو قَلانسَ جليديَّة، تتحرَّكُ نحوَ الخارجِ لا نحوَ السُّفوحِ كمثالجِ الأودية. والغِطاءانِ الجليديَّانِ الرئيسيَّانِ هما القَلَنْسُوةُ الجليديَّة في القُطبِ الجنوبيِّ والقَلَنْسُوةُ الجليديَّة في جرينلَنْد. وهما يُؤلِّفانِ ٩٠ في المئة من مياهِ الأرضِ العَذْبة، عِلْمًا أنَّ الثلوجَ في وَسَطِ القارَّة ستأخذُ طريقَها في نهاية المطافِ إلى الحافَّةِ كجَليد.



العصرُ الجليديُّ البليستوسينيّ كانَ عديمَ الانتظامِ جدًّا. فقد تقدَّمت خلالَه المَثالجُ ثُمَّ تراجعتْ بعدَ بضعةِ آلافٍ من السنين، مُفسِحةً المجالَ لحُقَبٍ بينَ جليديَّة ذاتِ مُناخٍ أدفأ نسبيًّا من مُناخِ وقتِنا الحاضر. وقد تكرَّرت هذه الدورةُ (تقدُّمًا وانحسارًا) ٢٠ مرَّةً خلالَ الـ ١٫٦ مليون سنةٍ من العَصرِ الجليديّ. ولعلَّها لمّا تنتهِ، فقد نكونُ حاليًا في فترةٍ بينَ جليديَّةٍ أخرى.

القَلَنْسُوةُ الجليديَّة

قد يَعلو سطحُ القَلَنْسُوةِ المكتسَحُ بالرِّياحِ أكثرَ من كيلومترٍ فوقَ صَخرِ الأديم. ففي القارةِ القُطبيَّةِ الجنوبيَّةِ يسقُطُ حوالى ١٥سم من الثلجِ فقط في السنة، لكنَّها كُلُّها في نهايةِ المَطافِ تُضغَطُ جليدًا.

جِبالُ الجَليدِ في نِصفِ الكُرةِ الجنوبيّ

جِبالُ الجَليدِ في المُحيطِ الجنوبيِّ المُتصدِّعةُ من الأرصفةِ الجليديَّة للقارَّةِ القطبيَّة عريضةٌ ومُسطَّحة. وقد يبلغُ طولُها عِدَّةَ مِئاتٍ من الكيلومترات وتبقى عِدَّةَ سنواتٍ قبلَ أن تنصهِر. وغالبًا ما يجري تتبُّعها بالسَّواتِلِ للمُساعدةِ في تشكيلِ صورةٍ عن مُحيطاتِ العالَم.

لمزيدٍ من المعلومات انظُر

الضَّغط ص ١٢٧
الطَّفْو والغَوْص ص ١٢٩
التَّجويةُ والتَّحاتُ ص ٢٣٠
الأنهار ص ٢٣٣
البِحارُ والمُحيطات ص ٢٣٤
حقائقُ ومَعلومات ص ٤١٤



التَّجْوِيَةُ والتَّحاتّ

يَتغيَّرُ سَطحُ الأرض بِاستِمرار. فتحرُّكاتُ الكُتَلِ الصفائحيَّةِ الأرضيَّة تَرفَعُ الجبالَ وتَبني القارّات. وفي الوقت نفسِه تتآكَلُ هذه السُّطوحُ الجديدة ثانيةً فتَبلى وتتفتَّتُ في عمليَّة التعريةِ والتَّحاتِّ التي تتسبَّبُ بها عَوامِلُ طبيعيَّة عديدةٌ أهمُّها عامِلُ الطَّقس. هنالِكَ نوعانِ من التَّجْوِيَة – طبيعيٌّ وكيماويٌّ. فالتَّجويةُ الطبيعيَّة تتمثَّلُ في كَسْحِ الرِّياح، وجَرْفِ الأمطار، وشَدِّ الجاذبيَّة. أمَّا التجويةُ الكيماويَّة فتتمَثَّلُ بفعلِ أحماضِ مياه المطرِ في إذابةِ الصُّخور.

أثرُ التَّجويةِ والتَّحات في الصُّخور

الجبالُ الميجاديَّة

التِّلالُ المُدوَّرةُ المُتفرِّدة في المناطقِ الجافَّة، كالأُولُورُو (صخور أيَرز) بأستراليا، كانت قد تآكَلَتْ بالتجويةِ الطبيعيَّةِ والكيماويَّة؛ ويُعرَفُ واحِدُها بالميجاد (إنسِلْبِرج). فالمطرُ على قِلَّتِه يُخرِّبُ طبقاتِ الصخرِ السطحيَّة؛ وتَوالي التَّمدُّدِ والتقلُّص يوميًّا في النهاراتِ الحارَّةِ والليالي الباردةِ يُشقِّقُها ويُفلِّقُها.

يتساقطُ الصخرُ طبقةً طبقةً، ويُعرَفُ هذا بالتجويةِ التقشُّريَّة.

صُخورٌ مُسطَّحة تُعرَفُ بالزُّوجن مُتواجدةٌ في بوناكايكي، الجزيرة الجنوبيَّة، بنيوزيلندا

تأثيراتُ التَّذرِيَة

التُّربةُ الصحراويَّة مَزيجٌ من التُّراب الناعِم والرَّمْل والحَصى الخَشِنة. تَذرو الرِّياحُ الموادَّ الدقيقةَ تارِكةً الحصى الثقيلةَ التي تُشكِّلُ لاحقًا قِشرةً مُتَّصِلةً تُوقِفُ عمليَّةَ التَّحات.

الأعمدةُ الطبليَّةُ الأرضيَّة (الزُّوجِن)

الرَّملُ الذي تَذروهُ الرِّياحُ يُسبِّبُ التَّحات. فالصخورُ المكشوفةُ يَسفَعُها الرَّملُ إلى أشكالٍ غريبةٍ مَلساءَ صَقيلة. يَحدُثُ مُعظمُ التَّحاتِ بالقُربِ من سَطحِ الأرض فيُكوِّنُ جُرفًا مُعلَّقةً وبِنًى صخريَّةً مُعلَّقةً كالأعمدةِ الطبليَّة تُدعى زُوجِن.

يُشيرُ السَّهمُ إلى اتِّجاهِ هُبوبِ الرِّياح.

يتَّخِذُ العمودُ الصخريُّ بالحَتِّ شكلًا كفُطرِ عيشِ الغُراب.

الرِّياحُ الصحراويَّة

الرَّملُ الذي تَسفيهِ الرِّياحُ هو أعظَمُ القُوَى التَّحاتيَّةِ في الصحراء. إنَّ نُدرةَ النَّباتِ في المناطقِ الصحراويَّة تَحرِمُ التربةَ تماسُكَها بشبكاتِ الجُذور؛ إضافةً إلى عدمِ وجودِ ما يكفي من الرُّطوبةِ لِتلاصُقِ الجُسَيمات بعضِها مع بعض. لذا تَحمِلُ الرِّياحُ الرِّمالَ السائبةَ وتُدوِّمُها في العواصفِ الرمليَّة، فتَسفَعُ بها الصخورَ وتَنحَتُها رَملًا يُستخدَمُ في حَتٍّ جديد.

تُشيرُ الأسهمُ إلى مَدى ارتفاعِ الرَّملِ بذَرْوِ الرِّياح وإلى اتِّجاهِ ارتحالِه.

الرِّياحُ القويَّةُ تَسفَعُ الحصاةَ من أحدِ جوانبِها.

بانحتاتِ ذلك الجانبِ يَختَلُّ توازُنُ الحصاةِ فتنقلِب.

تتدحرَجُ الحصاةُ فيَتعرَّضُ سطحًا جديدًا منها للسَّفْع.

الحصاةُ الناتجةُ ذاتُ عِدَّةِ أوجُهٍ مُسطَّحةٍ صقيلة.

صخورٌ فُطريَّةُ الشَّكل

تَقفِزُ جُسيماتُ الرَّملِ كالكُرةِ عادةً بالرِّياحِ القويَّة من سطحِ الأرضِ لِثِقَلِها. ونتيجةً لِعمليَّةِ الطفرِ هذه يحصلُ معظمُ التَّحاتِ ضِمنَ قُرابةِ مِترٍ واحدٍ من سَطحِ الأرض. فالقِبابُ البُرجيَّةُ العاليةُ تُحَتُّ قريبًا من قاعِدتِها فقط، فتتَّخِذُ شكلًا مُعتَّقًا كفُطرِ عَيشِ الغُراب، وتُدعى زُوجِن.

حَصًى ثُلاثيَّةُ القُرَن

الحَصَى المُنتَشِرةُ على سطحِ الأرضِ تتلقَّى سَفْعًا رَمليًّا شديدًا. يُحَتُّ أحدُ جوانبِ الحصاةِ بِسُرعة فيَختَلُّ توازُنُها وتَميلُ لِيتعرَّضَ وَجهٌ آخَرُ منها للسَّفعِ الرَّمليّ. فتُصبِحُ الحصاةُ أخيرًا صقيلةَ السُّطوحِ ثُلاثيَّةَ القُرَنِ في الغالِب. وتُبيِّنُ الحَصَى الأكبَرُ على الشواطئ أو في قِيعانِ الأنهارِ الجافَّةِ هذه الظاهرةَ بوضوح.

كُثبانٌ رَمليَّة

تتراكَمُ الرِّمالُ المُذرِّيةُ، من أتربةِ الصحراءِ السَّائبةِ عادةً، أكوامًا تُدعى كُثبانًا رَمليَّة. وتنقُلُ الرِّياحُ هذه الكُثبانَ تدريجيًّا من مكانٍ إلى آخر. خُمسُ المناطقِ الصحراويَّة في العالَمِ فقط هي صَحارٍ رمليَّة، تتكوَّنُ فيها الكُثبانُ بأشكالٍ عديدةٍ مُختلفة.

رأسُ الكَثيبِ الرَّمليِّ وذَيْلُه

تهُبُّ الرِّياحُ فوقَ المُنكشِفِ الصخريِّ وحَوْلَه.

رأسُ الكَثيبِ يتكوَّنُ بتراكُمِ الرِّمالِ على العائقِ الصخريِّ.

المُنكشِفاتُ الصخريَّةُ تكثُرُ في الصحارى، وتشكِّلُ مُصدَّاتٍ للرِّياح.

ذَيلُ الكثيبِ يملأُ المنطقةَ المَحميَّةَ خلفَ المَصدّ.

الكُثبانُ الهِلاليَّة (البَرخانيَّة)

أشهَرُ أنواعِ الكُثبانِ الرَّمليَّة هي الكُثبانُ الهِلاليَّة. وهي تتَّخِذُ هذا الشكلَ لأنَّ سَفيَ الرِّمالِ عند طرفَي الكثيبِ أكثرُ منه في الوسَط. وتُشكِّلُ التجمُّعاتُ الكبيرةُ من هذه الكُثبانِ الهِلاليَّة بَسطةَ الأرضِ الرَّمليَّة النموذجيَّةَ الشبيهةَ بصَفحةِ البحر، كما في الصحراء الكُبرى.

كَثيبٌ هِلاليٌّ (بَرخان)

جوانبُ الكَثيبِ الخفيضةُ تتحرَّكُ بسُرعةٍ أكبرَ من مركزِه المُرتفِع.

كُثبانٌ رمليَّةٌ شاطئيَّةٌ في إنكلترا تظهرُ فيها البِنى الكثيبيَّةُ الرمليَّةُ النموذجيَّة.

رِمالٌ تُرسِّبُها التيَّاراتُ الدُّواميَّةُ على الجانبِ المَحميِّ من الكَثيب.

كُثبانٌ رَأسيَّة وذَيليَّة

تتكوَّنُ الكُثبانُ الرأسيَّةُ والذيليَّةُ قُربَ مَصدٍّ أو عائقٍ كحَجَرٍ مثلًا، فتتراكَمُ الرِّمالُ مُكوِّنةً رأسَ الكثيبِ أمامَ العائق، والذَّيلَ خلفَه. لكنَّ هذه الكُثبانَ على أنواع – فالكثيبُ المُتقدِّمُ، مثلًا، قد يترسَّبُ على مسافةٍ ما قبلَ العائق، وقد تتراصَفُ الكُثبانُ الاضطرابيَّةُ على جانبَيْه.

كُثبانٌ طولانيَّة (سيفيَّة)

حُيودٌ رمليَّةٌ تتراكَمُ بموازاةِ اتِّجاهِ الرِّياح.

تحمِلُ الرِّياحُ الرِّمالَ على امتدادِ جوانبِ الحُيود.

تتباطأُ الرِّياحُ عند الحُيودِ بالاحتكاكِ فتتكوَّنُ سِلسِلةٌ من التيَّاراتِ الدُّواميَّة.

الرِّياحُ أسرعُ وأقوى حيثُ تنسابُ عبرَ المُنخفضاتِ الحوضيَّة.

تتراكَمُ الحُيودُ الرَّمليَّةُ من الرِّمالِ التي تُرسِّبُها التيَّاراتُ الدُّواميَّة، وتنقُلُها الرِّياح.

الكُثبانُ الطولانيَّة

تتكوَّنُ الكُثبانُ الطولانيَّةُ (أو السَّيفيَّة) كحُيودٍ طويلةٍ بموازاةِ اتِّجاهِ الرِّيح. ويُمكِنُ مُشاهدتُها بوضوحٍ في المواقعِ حيثُ يُسفى الرَّملُ عبرَ الصُّخورِ الجَرداء.



جرانيتٌ مُنحَلٌّ نَخِرٌ في كورنوول، بإنكلترا

الجرانيتُ النَّخِر

بعضُ المعادنِ، كالفِلسبار، أحدِ مُقوِّماتِ الجرانيت، عُرضةٌ للتجويةِ الكيماويَّة. فحالَ تفاعُلِ الفِلسبار مع مياهِ الأمطارِ الحَمضيَّة، تتفكَّكُ المعادنُ الأخرى ويتفتَّتُ الجرانيت.

التَّسفينُ الصَّقيعيّ

التَّسفينُ الصَّقيعيُّ عامٌّ في المُناخِ البارد، وهو نوعٌ من التَّجويةِ الطبيعيَّة. تَسرُبُ المياهُ في شُقوقِ الصخر، وعندما تتجمَّدُ يكبُرُ حجمُها بالتمدُّدِ فتوسِّعُ الشُّقوقَ الصخريَّة. وبتكرُّرِ هذه العمليَّة، تتفلَّقُ كُتَلُ الصخرِ وتسقُطُ مُتراكمةً على السَّفحِ الجبليِّ كمُنحدَراتٍ رُكاميَّةٍ هَشيميَّة – كالتي في الرسمِ المقابلِ في كامبْ بوِنت بشِبهِ الجزيرةِ القُطبيَّةِ الجنوبيَّة.

جُرُفٌ صَخريَّةٌ وفِجاجٌ في يوركْشايرْ ديلْز، بإنكلترا



الجُرُفُ الصخريَّةُ والفِجاج

الكالسيتُ عُرضةٌ للتضرُّرِ بالتَّجويةِ الكيماويَّة. فحيثُما يتعرَّضُ الصَّخرُ الكلسيُّ للمَطر، ينحَلُّ الكالسيتُ على السطحِ وعلى امتدادِ الشُّقوق. وهكذا ينحَتُّ الصَّخرُ إلى جُرُفٍ تفصِلُها شُقوقٌ مُوسَّعةٌ تُدعى الفِجاج.

المَطرُ الحَمضيّ

تتولَّدُ الحُموضُ الطبيعيَّةُ في مياهِ المطرِ من ذَوَبانِ ثاني أكسيدِ الكربونِ فيها. ويحوي المَطرُ، في المناطقِ المعمورة، حُموضًا من الغازاتِ الصناعيَّةِ المُذابةِ فيه، كثاني أكسيدِ الكبريت، تُسبِّبُ المطرَ الحمضيّ. وهذا يَزيدُ مُعدَّلَ التجويةِ الكيماويَّةِ فيُتلِفُ المباني والتماثيلَ – كهذا الأسدِ الحَجريِّ في لِيدْز، بإنكلترا.



لمزيد من المعلومات انظر

الخواصُّ ص ٦٨
الصَّقيعُ والنَّدى والجَليد ص ٢٦٨
رَصْدُ الطَّقس ص ٢٧٢
دَوراتٌ في الغِلافِ الحَيَويِّ ص ٣٧٢
الصَّحارى ص ٣٩٠

أَنْواعُ التُّـرَب

إذا تَطلَّعتَ إلى مَنظرٍ طَبيعيٍّ تَرى عادةً أعشابًا ونَباتاتٍ وأشجارًا، وهذه لا حياةَ لها بِدونِ تُربَة. والتُّربةُ خَليطٌ مُعقَّدٌ من الموادِّ الصخريَّةِ الحديثةِ والمُنحَتَّة، والمعادِنِ المُذابةِ والمُعادِ ترسُّبها، معَ بقايا الكائناتِ الحيَّةِ التي عاشت فيما مَضى. هذه المُقوِّماتُ تمتزِجُ معًا بحَفْرِ الحيواناتِ الجاحِرة، وضَغْطِ جُذورِ النبات، وتحرُّكاتِ المياهِ الجَوفيَّة. إنَّ نوعَ التُّربةِ وتركيبَها الكيماويَّ وطبيعةَ أصلِها العُضويِّ عواملُ مُهِمَّةٌ جدًّا لِلزراعة، وبالتالي لحياتِنا وعَيشِ مختلِفِ الحيوانات. هنالكَ أنواعٌ عديدةٌ من التُّرَب، تتَبايَنُ من جُزءٍ إلى آخَرَ في الأرض تبَعًا لِلمُناخِ والبيئة.

طَبقاتُ التُّربةِ المُختلِفة

الأُفُقُ الصِّفْري، طَبقةُ دُبالِيَّة: مِن بقايا الموادِّ النباتيَّة.

الأُفُقُ ا، التُّربةُ الفَوقيَّة: طبقةٌ غنيَّةٌ عُضويًّا، لكنَّ بعضَ المعادِنِ تستنفِدُها المياهُ الجوفيَّة.

الأُفُق ب، التحتُربة: طبقةٌ أقلُّ عُضويَّة، لكنَّها غنيَّةٌ بالمعادِنِ المُستنفَدةِ من التُّربةِ الفوقيَّة.

الأُفُق ج، الصَّخرُ الأُمّ: طبقةٌ مُهشَّمةٌ ومُجزَّأةٌ إلى كِسَرٍ سائبة، وهي لا تحوي موادَّ عُضويَّة.

الأُفُق د، طبقةُ صَخرِ الأديمِ الغِطائي: مَصدرُ المُحتوى المَعدنيِّ للتُّربة.



الصَّلْصالُ تُربةٌ ثقيلةٌ لا تُصرِّفُ الماء، والصلصالُ الرَّطْبُ لَزِجٌ ولَدِنٌ وقد يحوي مُغذِّياتٍ كثيرة.

الحُثُّ تُربةٌ داكنةُ اللَّون، تحوي نِسْبةً كبيرةً من الدُّبالِ المُتولِّدِ من الانحلالِ الجُزئيِّ لنباتاتِ المُستنقعات؛ وتميلُ التربةُ الحُثِّيَّةُ إلى الاحتفاظِ بالماء.

التُّربةُ الرَّمليَّةُ خفيفة، تُصرِّفُ الماءَ بِسُهولة، وهي تحوي كميَّةً قليلةً من الموادِّ العُضويَّة؛ لِذا فهي قليلةُ الخِصْب.

التُّربةُ الطباشيريَّةُ رقيقةٌ خصوبيَّة تُصرِّفُ الماءَ بِسُرعة، لذا ينحلُّ مُحتواها العُضويُّ بسُرعة، فلا يبقى فيها إلا القليلُ من الدُّبال.



مَنظرٌ طبيعيٌّ في القُطبِ الشماليّ

المُناخُ الباردُ قليلُ التَّجوية، لِذا تميلُ التُّرَبُ القطبيَّةُ إلى الرِّقَّة.

غابةٌ ديميَّةٌ كثيفةٌ في فنزويلا

المُناخُ الحارُّ الرَّطْبُ يُجوِّي صخرَ القاعدة فيكوِّنُ تُربةً سميكةً غنيَّةً بالموادِّ النباتيَّة.

سَماكَةُ التُّربَة

يعتمِدُ عُمْقُ التُّربةِ على عوامِلَ مُتعدِّدة، كوجُودِ مُنحدرٍ مثلًا تُجترَفُ فيه التُّربةُ المُتكوِّنةُ باستِمرار، وعلى طبيعةِ صخرِ الأديم. فالحجرُ الكلسيُّ، مثلًا، يَنحتُّ بسُهولةٍ أكثرَ من الحجرِ الرَّمليّ، فيكوِّنُ بالتالي مُنتجاتٍ انحلاليَّةً أكثر. لكنَّ عامِلَي المُناخِ والتَّجويةِ هما الأهمُّ والأشدُّ أثرًا.

جانبيَّةُ التُّربَة

تتكوَّنُ التُّربةُ من عِدَّةِ طبقاتٍ أو آفاقٍ يُسمَّى تواليها جانبيَّةَ التُّربة. تُبيِّنُ الجانبيَّةُ مختلِفَ مُكوِّناتِ التربة - مِن فُتاتِ الصخورِ وانحلالِها إلى إضافاتِ الكائناتِ الحيَّة. وتختلِفُ هذه الطبقاتُ من تُربةٍ إلى أخرى نوعًا وحَجْمًا.

انزلاقٌ أرضيٌّ صغيرٌ في جبالِ البِندوس، باليونان



زَحفُ التُّربةِ على تِلالِ شِلترن، بإنكلترا

زَحْفُ التُّربَة

تتحرَّكُ تربةُ المُنحدرِ تدريجيًّا حُتَيمًا حُتَيمًا نحوَ الأسفل - فيما يُسمَّى زَحْفَ التُّربة. وغالبًا ما تكونُ حُتَيماتُ التربةِ مُترابطةً بعضُها مع بعضٍ بواسطةِ جُذورِ الأعشاب مُكوِّنةً ألواحًا جابِلة. فتحرُّكُ هذه نُزولًا في سِلسِلةٍ من البِنى المُدرَّجةِ أو المَصاطب - تستخدِمُها عادةً الحيواناتُ الرَّاعيةُ من غنمٍ وأبقار، فتزيدُ من سُرعةِ التَّحات.

زَحْفُ التُّربةِ في المُنحدَرات



المُنحدَرات

المُنحدَراتُ غيرُ مُستقِرَّةٍ لأنَّ جاذبيَّةَ الأرضِ تشُدُّ ما يتجمَّعُ عليها إلى أسفل. وأيُّ تغيُّرٍ في التُّربةِ بفعلِ الصقيعِ أو المطرِ أو التمدُّدِ بالتشرُّبِ والانتقاعِ يزيدُ من هذا التحرُّكِ نُزولًا نحوَ أسفلِ المُنحدَر. ونتيجةً لِذلكَ تتعرَّضُ الإنشاءاتُ الاصطناعيَّةُ على المُنحدَراتِ إلى الميلان، ويتشوَّهُ شكلُ النباتاتِ النامية.

لِمزيدٍ من المعلوماتِ انظُر

الكيمياءُ العُضويَّة ص ٤١
الصخورُ والمعادِن ص ٢٢١
الأحافيرُ ص ٢٢٥
التَّجويةُ والتَّحاتُ ص ٢٣٠
المُناخ ص ٢٤٤

الأَنْهار

الأمطارُ المُتساقِطةُ تكَوِّنُ بِرَكًا وغُدْرانًا، أو تَغُورُ في الأرض ثُمَّ تتفَجَّرُ يَنابيعَ تنسابُ في الأَوْدِيَةِ والتَّجاويفِ مُكَوِّنَةً جداوِلَ وأنهارًا تصُبُّ في البَحْر. الماءُ الجاري يُسهِمُ في تَشْكيلِ صَفْحةِ الأرض؛ فيَحُتُّ صُخورَ الجبال ويُرَسِّبُ الحُتاتَ مُجَدَّدًا قُراراتٍ فوقَ السُّهولِ والمُنْخَفِضاتِ، ومِنْ ثَمَّ تاليًا إلى قاعِ البَحْر. تُوجَد مُعظَمُ أنهارِ العالَمِ الكُبْرى في المَناطقِ المَداريَّةِ حيثُ تتوافَرُ عادةً مصادِرُ دائمةٌ لِلمياه بسَبَبِ غَزارةِ الأمطار.

الفَيَضان

الأنهارُ مُهِمَّةٌ لِلناس كإحدى وسائلِ النَّقْل، وكمصادِرَ لِمياهِ الشُّرْبِ والصناعةِ ورَيِّ المَزروعات؛ لكنَّها قد تُشَكِّلُ خطرًا داهِمًا يُهَدِّدُ أرواحَهم وأرزاقَهم، إذ يُسَبِّبُ تزايُدُ الأمطارِ المُفاجئ فيضاناتٍ تدَمِّرُ القُرى والمُدُنَ المُشادَةَ على ضِفافِ الأنهار.

فَيَضانٌ في بَنْغَلادِش. تحملُ مياهُ النَّهرِ جُسَيْماتٍ رُسابِيَّةً تُلَوِّنُها.

تَكَوُّنُ الأنهر - المَرحلةُ الأُولى

المَنْبَع

رافِد

خانِقٌ، بشكلِ الرقم ٧، تَعَمَّقَ واديه الضيِّقُ بالحَتِّ الشديد لِاندِفاقِ النهرِ شاقًّا طريقَه نحوَ الأسفَل.

شلّالاتٌ وجَنادِلُ تتكَوَّنُ بمرورِ النَّهرِ فوقَ طبقاتٍ صخريَّةٍ أصلَد.

بِرَكٌ عميقةٌ تُنْحَتُ في قاعِ النهرِ بفِعْلِ المياهِ المُدَوِّمةِ والحجارةِ المُتَقَفِّزةِ على امتِدادِ القاع.

المَرحلةُ الثانية

سَهْلٌ فَيْضِيٌّ يتكَوَّنُ من ترَسُّبِ قُراراتِ المَرحلةِ الأولى. ويَحدُثُ مُعظَمُ التَّرَسُّبِ أثناءَ الفَيَضانات.

تَمَعُّجُ النهرِ هو انعطافٌ مؤقَّتٌ في مَجراه - يتغيَّرُ موقعُه بالحَتِّ من جِهةِ الخارجِ والترسيبِ في جِهةِ الداخل.

المَصاطِبُ النهريَّةُ هي بقايا سُهولٍ فَيْضِيَّةٍ قديمةٍ تكَوَّنَتْ حينَ كانتِ الأرضُ أعلى.

يتمَعَّجُ النهرُ جيئةً وذهابًا حاتًّا التلالَ المُحيطةَ خَلْفَه.

الحُتاتُ بالشَّلّالات

يَنْحَتُّ الحَيْدُ لاحِقًا، ويتحوَّلُ الشَّلّالُ إلى جَنْدَلٍ (قطاعٍ من النهرِ مُضطربٍ سريعِ المَجرى).

حَيْدٌ من صَخْرٍ أصلَد

موقِعُ الشَّلّالِ قبلَ الانحِتات.

تُحمَلُ القُرارةُ المُترَسِّبةُ بعيدًا عن بِركةِ المَسقَط.

بِركةُ المَسْقَط

مَسْقَطُ الماء (الشَّلّال)

يتكَوَّنُ شَلّالٌ عندما يتدَفَّقُ ماءُ النهرِ من فوقِ حَيْدٍ صخريٍّ صَلْد، فيعمَلُ سُقوطُ الماءِ على حَتِّ بِركةِ المَسْقَطِ في أسفلِ الحَيْدِ لا تَلْبَثُ أن تُقَوِّضَ أساسَه، فينهارُ الحَيْدُ ويتكَوَّنُ شَلّالٌ جديدٌ عند حَيْدِ الصَّخْرِ المُنْكَشِفِ تاليًا.

المَرحلةُ الثالثة

تَمَعُّجُ المَجرى المُقْتَطَعُ يُشَكِّلُ بُحَيرةً قوسيَّة.

تتكَوَّنُ الدِّلْتا عند مَصَبِّ النهرِ من ترَسُّبِ كمِّيّاتٍ كبيرةٍ من قُراراتِه.

الشَّطُّ هو ضِفَّةٌ من القُراراتِ المُترَسِّبةِ على امتِدادِ قاعِ النهرِ وجانبَيْه.

مَراحِلُ في مَجْرى النَّهْر

تُلاحَظُ في مَجرى النهرِ ثلاثُ مَراحِلَ. في مَرحلتِه الأولى يندفِعُ النهرُ بِسُرعةٍ، شاقًّا مسارَه عميقًا في المَجرى، وحامِلًا معَهُ شتّى الأنقاضِ والحُتاتِ الصَّخريَّة. في المرحلةِ الثانية، يتباطأُ النهرُ فيُرَسِّبُ قُراراتِه، ويُتابِعُ الحَتَّ في مَجراه. في مرحلتِه الثالثة، تخورُ قُوى النهرِ فيَطرَحُ كامِلَ حُمولتِه من الأنقاضِ عندَ مَصَبِّه في البَحْر.

الرَّيُّ في حوضٍ رَمْلِيٍّ بإحدى جُزُرِ الكَناري

الرَّيّ

تحتاجُ الزُّروعُ ماءً لِتنمو. وكثيرًا ما تُقْنى مياهُ الأنهارِ لِسَقْيِ المزروعاتِ في نظامِ رَيٍّ مُعَيَّن. وقد عُرِفَتْ أنظمةُ الرَّيِّ المعقَّدةُ على ضِفافِ الأنهرِ مُنذُ الحضاراتِ الأولى في مِصرَ القديمةِ على ضِفافِ النيل.

القُدْرةُ الكَهْرمائيَّة

لقد استُخدِمَتْ طاقةُ المياهِ المتدَفِّقةِ عَبْرَ التاريخ. ففيما مَضى كانتِ النواعيرُ تُديرُ المِكَنات لِطَحْنِ الحُبوبِ وتشغيلِ الأنوال. وفي وقتِنا الحاضِر، تُسَخَّرُ مياهُ السُّدودِ في تسييرِ التُّربيناتِ لِتوليدِ الكهرباءِ لمختلِفِ احتياجاتِ السُّكّان.

محطةُ قُدرةٍ كَهْرمائيَّةٍ على سدِّ شاشْتا في رِدينغ، كاليفورنيا، بالولايات المتحدة.

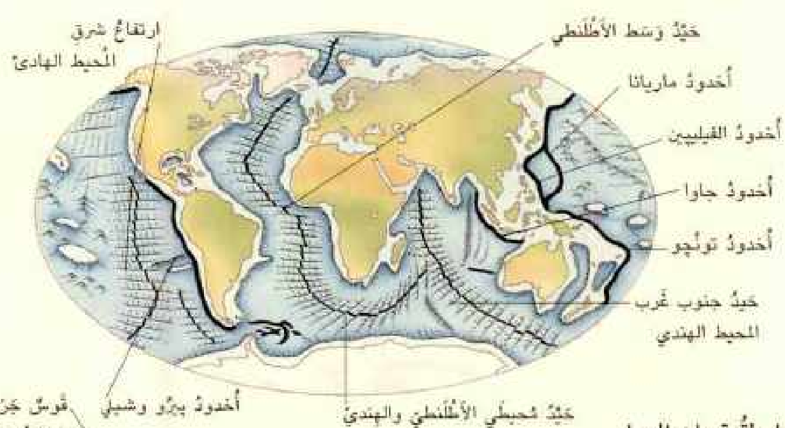
لمزيد من المعلومات انْظُر

الماء - مُعالجتُه وصِناعاتُه ص ٨٣
المُوَلِّدات ص ١٥٩
التَّجْوِيَة والحُتات ص ٢٣٠
خَطُّ السّاحِل ص ٢٣٦
المَطَر ص ٢٦٤

البِحارُ والمُحِيطات

عَميقًا تحتَ أمواجِ البِحار والمُحيطات قِيعانٌ تُغَطّي قُرابةَ ثُلثَي سَطْحِ الأرض؛ وفيها سَلاسِلُ جبليَّةٌ وأخاديدُ عميقةٌ وسُهولٌ فسيحةٌ شاسعةٌ لا يُمكِنُنا مُشاهدتُها إلّا بٱستِخدامِ أجهزةٍ عِلميَّة مُعقَّدة. إنَّ نَمَطَ الأرضِ في قاعِ المحيطِ سَببُه التحرُّكاتُ الأرضيَّةُ الكُبرى المعروفةُ جيولوجيًّا بتكتونية الكُتلِ الصفائحيَّة؛ إذ إنَّ حُيودَ المُحيطاتِ الضخمةَ ترتفعُ عندما تتكوَّنُ الكتلُ الصفائحيَّةُ العظيمةُ على سطحِ الأرض؛ كما تتكوَّنُ الأخاديدُ الكبيرةُ تحتَ الماء عندما تَسْقُطُ كُتلةٌ صفائحيَّةٌ تحتَ أُخرى وتَختفي.

خارطةُ الحُيودِ والأخاديدِ المُحيطيَّةِ في العالَم



قَوسٌ جَزيريّ – بَراكينُ على ٱمتِدادِ أُخدودٍ مُحيطيّ.

حَيْدٌ مُحيطيّ – جِبالٌ تحتَ البَحر

سَهْلٌ غَوريٌّ سَحيق – إمتِدادٌ ضَخم لِقاعٍ بحريٍّ مُنْبَسِط

مُنحدَرٌ قارّيّ – حَرفُ الرَّصيفِ القارّيّ

رَصيفٌ قارّيّ – أطرافُ القارّاتِ تحتَ الماء

القِسْمُ الأسفَلُ من المُخطّطِ يُبيِّنُ الارتفاعاتِ والأعماقَ بمقياسِها النِّسبيّ الحقيقيّ.

ارتفاعٌ قارّيّ – أكوامٌ من القُرارةِ المُترسِّبةِ في سَفحِ المُنحدَرِ القارّيّ.

أُخدودٌ مُحيطيّ – أغوارٌ عميقةٌ في قاعِ البَحر

خارطةُ قِيعانِ البِحار

كانَتْ قِيعانُ المُحيطاتِ لُغْزًا مُغلقًا قبلَ بِضْعةِ عقودٍ من السنين. لكنْ في السبعينيّاتِ من القَرْنِ العشرين، اخترعَ العلماءُ آلاتٍ تستطيعُ تصويرَ أشكالِ الأرضِ عن بُعْدٍ. وقد ٱستُخدِمَت هذه الصُّوَرُ المُتَبَيِّنةُ بُعاديًّا في رَسمِ خرائطِ قيعانِ البِحار.

مَعالِمُ قاعِ المُحيط

مُعظَمُ قاعِ المُحيطِ سَهْلٌ مُنبسِطٌ ضخمٌ يمتدُّ على عُمقِ ٣ إلى ٤كم تحتَ سَطْحِ البحر. وترتفعُ منه قِمَمُ جبالِ الحيودِ المُحيطيَّة إلى قُرابةِ ٢كم تحتَ الأمواج. وتَغورُ في أعماقِه أخاديدُ مُحيطيَّةٌ مُظلمةٌ إلى عُمقِ ١٠كم أو أكثر. أمّا حَوْلَ السَّواحِلِ حيثُ ترتفعُ الأرضُ لِتكوِّنَ القارّاتِ فالمياهُ أشدُّ ضَحالةً.

سَمَكةُ سيلاكَنْث (المُجوَّفةُ الأشواك) في مياهِ جُزُرِ القُمُر



سيلاكَنْث

تَجوبُ أعماقَ المُحيطاتِ السَّحيقةَ مَخْلوقاتٌ غريبة، كَسَمكةِ السِّيلاكَنْث التي كان يَظُنُّ العُلَماءُ أنّها ٱنقرضَتْ منذُ ٢٠٠ مِليون سنة. لكنْ في عام ١٩٣٨، ٱلتُقِطَتْ إحداها في مياهِ المُحيطِ قُبالةَ مَدغَشْقَر ولا يَزالُ يُلتقَطُ بعضُها حتّى اليوم. إنَّ البقاءَ في أعماقِ المُحيطات، حيثُ الأحوالُ المعيشيّةُ لا تتغيَّرُ كثيرًا، أيْسَرُ لِهذه الحيواناتِ القديمة.

جزيرةٌ مَرجانيّةٌ حَلْقيَّةٌ (أتول) في مَلديف بالمحيطِ الهِنديّ.

يَبدأُ الشَّعْبُ المَرجانيُّ بالنُّموِّ في المياهِ الضحلةِ حَوْلَ جزيرةٍ مَداريّة.

لمّا غاصَتِ الجزيرةُ في الماء، يُتابعُ المَرجانُ نُمُوَّه مُشكِّلًا حاجزًا مَرجانيًّا مُنفصِلًا عن الجزيرة.

عندما تَختفي الجزيرةُ تحتَ أمواجِ البحر، تُخلِّفُ جزيرةً مَرجانيّةً حلقيّةً تتوسَّطُها بُحيرةٌ ضَحلة.

بيئةُ المياهِ الحارَّة

تَنْبَثِقُ على ٱمتدادِ الحُيودِ المُحيطيَّةِ مياهٌ بُركانيَّةٌ حارَّةٌ غنيَّةٌ بالكيماويّات. هذه المياهُ تجتذِبُ البكتيريا، وقد تطوَّرت فيها حيواناتٌ تغتذي بالبكتيريا، وكذلك حيواناتٌ أخرى تأكلُ هذه الحيوانات. وتَعيشُ في هذه البيئةِ المُظلِمَةِ العميقةِ كائناتٌ لم تَرَ نُورَ الشمسِ مُطلقًا – كهذه القِشْريّاتِ والرَّخْويّاتِ في جُزُرِ جَلاپاغوس.

الشِّعابُ المَرجانيَّة

ينمو المَرجانُ فقط حيثُ المياهُ صافيةٌ دافئةٌ وضَحْلة؛ كما هي الحالُ في شواطئِ الجُزُرِ المَداريَّةِ مثلًا. يُكَوِّنُ المُتعضّي المَرجانيُّ صَدَفةً كِلسيَّةً تتضامُّ مع أُخَرَ مُشَكِّلةً أساسًا وطيدًا لِنُموِّ المَزيدِ من المَرجان. وبهذه الطريقةِ تتراكمُ، مُقاربةً سَطْحَ الماء، أرصِفةٌ شاسِعةٌ تُدعى شِعابًا مَرجانيَّة.

لمزيدٍ من المعلوماتِ ٱنْظُر

كيمياءُ الماء ص ٧٥
بِنْيَةُ الأرض ص ٢١٢
الصخورُ والمعادِن ص ٢٢١
الأمواجُ والمَدُّ (المَدُّ والجَزْر) والتيّارات ص ٢٣٥

الأمواجُ والمَدْرُ (المَدُّ والجَزْر) والتيَّارات

المُحيطاتُ لا تَهدأُ أبدًا؛ فالرِّياحُ المحليَّةُ تدفعُ سطحَ البَحْر أمواجًا تُلاطِمُ الشاطِئَ. والمَدْرُ يَجتاحُ المرافِئَ جيئةً وذَهابًا مرَّتينِ كُلَّ يومٍ بِفعلِ جاذِبيَّةِ الشَّمْسِ والقَمَر. وفي الوقتِ نَفْسِه، تكتسِحُ الرِّياحُ العالميَّةُ البحارَ مُكوِّنَةً تيَّاراتٍ مُحيطيَّةً عظيمة؛ ومعَ تدويمِ الأرض تَنْفَتِلُ التيَّاراتُ مُنْسابةً حَوْلَ المُحيطاتِ في مَساراتٍ دائريَّةٍ ضَخمة. فالتيَّاراتُ السَّاخنةُ تنسابُ بعيدًا عن خطِّ الاِسْتِواء، والباردةُ تنسابُ عائدةً نحوَه. وتحمِلُ الرِّياحُ التي تهُبُّ فوقَ تلكَ التيَّارات، إلى اليابسَةِ المُجاورة، أجواءً دافئةً أو باردة – ممّا يَجعلُ لهذه التيَّاراتِ تأثيرًا كبيرًا على المُناخ. فتيَّارُ الخليجِ السَّاخنُ في المُحيطِ الأَطْلَنطي مثلًا يُبْقي القِسْمَ الشماليَّ الغربيَّ من أوروبا دافِئًا في الشِّتاء.

خارِطةُ التيّارات في العالَم

التيّارُ الدائريُّ جنوبَ المحيط الهادئ
التيّارُ البِرُوفيّ
تيّارُ الخليج
التيّارُ الدائريُّ شمالَ الأطْلَنطي
التيّارُ الدائريُّ شمالَ المحيط الهادئ
التيّارُ الدائريُّ جنوبَ المحيط الهندي
التيّارُ الدائريُّ جنوبَ الأطْلَنطي
تيّاراتٌ دافئة
تيّاراتٌ باردة

التيّاراتُ المُحيطيّة

التيّاراتُ المُدوِّمةُ المُحيطيّةُ الضَّخمةُ تُسبِّبها الرِّياحُ السّائدة. فالرِّياحُ التجاريّةُ في جنوبِ المُحيط الهادي (الباسفيكي) تدفعُ التيّارَ البِرُوفيَّ البارِدَ نحوَ السّاحِلِ الغربيِّ لأمريكا الجنوبيّة.

الرِّياحُ الهابَّةُ فوقَ سطحِ البَحر تُقلِّبُ الجُسَيماتِ السَّطحيَّةَ وتُدوِّرُها.

عندَ الشاطئِ تتباطأُ الحركةُ فيسقُطُ الجزءُ العُلويُّ من الدّائرة وتتكسَّرُ المَوجة.

تَنتشِرُ الدّوائرُ تحتَ السَّطح حتى تخمُدَ في العُمق.

جُسَيماتُ الماءِ القريبةُ من السَّطح تُواصِلُ تقلُّبَها ودَوَرانَها مِرارًا وتكرارًا.

تسُونامي (الموجةُ السَّناميَّة)

الموجةُ السَّناميَّةُ الضَّخمة (التسُونامي) يُسبِّبُها زِلزالٌ تحتَ البَحر؛ فتندفِعُ الاهتِزازاتُ عَبْرَ المُحيط بسُرعةِ مِئاتِ الكيلومتراتِ في الساعة. وعندما تبلغُ مياهًا ضَحلةً تتباطأُ سُرعتُها وتتراكمُ عاليًا في أمواجٍ هائلةٍ يَصِلُ ارتفاعُها أحيانًا إلى عُلُوِّ ٧٦م. وعندما ترتطِمُ التسُونامي بالشاطئ، تكتسِحُ كُلَّ شيءٍ في طريقها.

دمارٌ خلّفتْهُ تسُونامي في ألاسكا (آذار عام ١٩٦٤)

كيف تتحرَّكُ الأمواج؟

عندما تَمُسُّ الرِّيحُ سَطحَ البَحر تُرسِلُ تَموُّجاتٍ يَمّيَّةً عَبْرَ الماء. ورُغمَ أنَّ الأمواجَ تقطعُ مسافاتٍ شاسعةً عَبْرَ المُحيط، فإنَّ كُلَّ جُسَيمٍ من الماء يدورُ دائريًّا في موقِعه فقط.

عندما تكُونُ الشَّمسُ والقَمَرُ في خطٍّ مُستقيم، يكونُ المدُّ عاليًا جدًّا، والجزْرُ خفيضًا جدًّا.

عندما يكُونُ جذْبُ الشَّمسِ والقمَرِ بِاتّجاهاتٍ مُختلفة، يتناقصُ ارتفاعُ المدِّ وانخفاضُ الجزْر.

يجذِبُ القمَرُ مدًّا على قِسْمِ الأرض المواجِهِ له تمامًا.

يتكوَّنُ مدٌّ آخرُ على قِسْمِ الأرض المُقابِلِ بفِعْلِ تدويمِ الأرض.

المدُّ الأدنى (التربيعيّ)

المدُّ الأعلى (أو التامّ)

كيف يَعملُ المَدْر؟

تخيَّلْ أُمًّا تؤرجِحُ ولدَها دائريًّا؛ وفي كُلِّ دَورةٍ تتطايرُ تَنّورةُ الأُمِّ إلى الخَلْف. فالولدُ يُمثِّلُ القمرَ في دورانِه حَوْلَ الأرض، وتُمثِّلُ الأُمُّ الأرضَ في تدويمِها حَوْلَ نَفْسِها، وارتفاعُ تَنّورتِها يُمثِّلُ حصولَ المدِّ في جانبِ الأرضِ المُتَّجِهِ بعيدًا عن القَمَر.

تدورُ الأُمُّ في دائرةٍ أصغر – كما الأرضُ يجذِبُها القمرُ الدائرُ حوْلَها.

يدورُ الولدُ في دائرةٍ كبيرة كما يدورُ القمرُ حوْلَ الأرض.

تتطايرُ التَّنّورة إلى الخَلْفِ كالماءِ المُندفعِ بعيدًا عن القَمَر.

الشَّمْسُ والقَمَرُ والمَدْر

قوّةُ جَذْبِ القَمَرِ تَنفُخُ الماءَ مدًّا على كِلا جانبَي الأرض. ولمّا كانت الأرضُ تَدومُ حَوْلَ نَفْسِها، فإنَّ المدَّ يحصلُ في كُلِّ موقعٍ فيها مرَّتين كُلَّ يوم. والشَّمْسُ تجذِبُ الماءَ أيضًا لكن (بسَبَبِ بُعدِها القاصي) ليس بِقُوّةِ جَذْبِ القَمَر. وهذا الجَذْبُ يُوازِرُ جَذْبَ القَمَر مرَّةً في الشهر، ويُضادُّه مرَّة.

لمزيد من المعلومات انظر

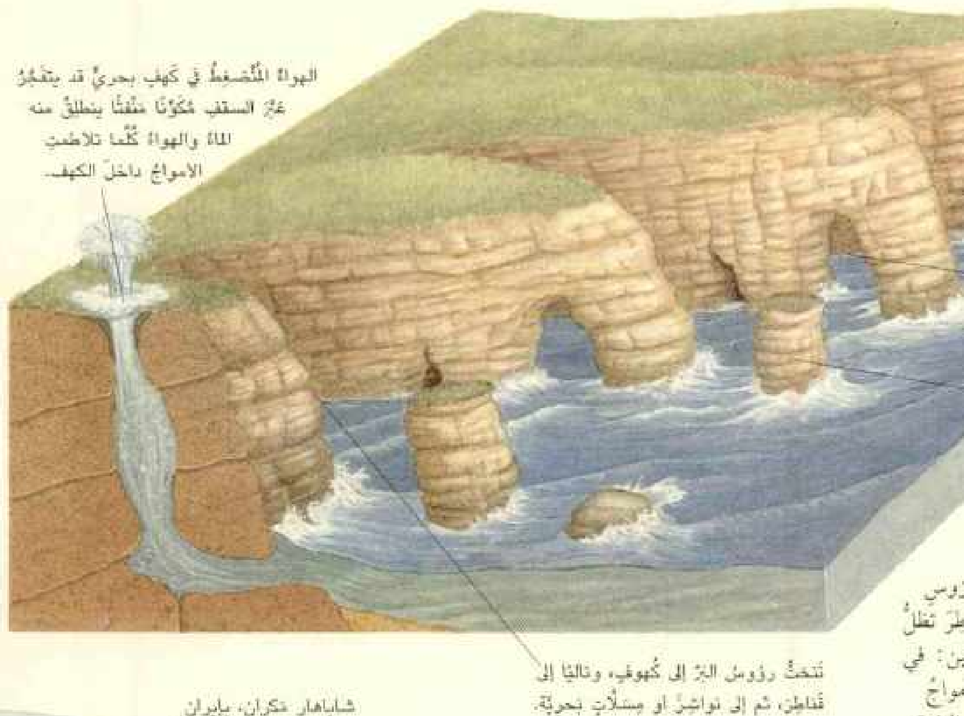
الحَرَكةُ الدّائريّةُ ص ١٢٥
الصُّخورُ والمعادِن ص ٢٢١
الجليدُ والمثالج ص ٢٢٨
التَّجويةُ والتَّحاتّ ص ٢٣٠
خَطُّ السّاحِل ص ٢٣٦
الكَوْن ص ٢٧٤

خَطُّ السَّاحِل

إن كُنْتَ تسبَحُ أو تُجدِّفُ على شاطئِ البَحر فأنتَ فِعلًا على حافةِ البَحر في بداية السَّاحِل. فكُلُّ أرضٍ بمُحاذاةِ البَحر هي ساحِلٌ؛ وكُلُّ ساحِلٍ فريدٌ بمَعالِمه وخصائصِه. مَعالِمُ السَّاحِل تحدِّدُها عِدَّةُ عوامِلَ كالرِّياحِ العاتيةِ والأمواجِ المُتلاطِمة ودَرجاتِ الحرارة والمُناخِ وأنواعِ الصخورِ المتواجدةِ هناك. وقد تتغيَّرُ السَّواحِلُ من رمليَّةٍ إلى صخريَّةٍ أو العَكس. ويتشكَّلُ خَطُّ السَّاحِل بهُبوبِ الرِّياحِ عَبْرَ سطحِ المُحيط، ناقِلةً بعضَ طاقتِها إلى المياه. وتتبدَّى هذه الطاقةُ أمواجًا تقطعُ مسافاتٍ طويلةً تَفْتُر عندَ ارتطامِها بِخطِّ السَّاحِل، لكِنَّ قوَّتَها التدميريَّةَ تظَلُّ فاعلةً في حَتِّ رؤوسِ البَرِّ واتِّكالِ الجُرُفِ السَّاحِليَّة.



خَطُّ السَّاحِل
تبدو قُدرةُ البَحرِ الهائلةُ واضحةً على أمثال هذا الشاطئِ الصخريِّ في كيوانْدا، أوريجُون، بالولايات المتحدة. فالصخورُ تؤلِّفُ أساسَ صفحةِ الأرض، لكنَّها تتآكَلُ وتُحَتُّ بِرَطْمِ المَوجِ المُتواصِل.



تَحُتُّ الأمواجُ الشُّقوقَ المتواجدةَ في رؤوس البَرّ وتجعلُ منها كهوفًا بحريَّةً واسعة.

الكُهوفُ على جانِبَيْ رأسٍ من البَرّ قد تتسِعُ وتتصِلُ لتكوِّنَ قنطرةً طبيعيَّة.

بِأستمرارِ النَّحات، يَنْهارُ سقفُ القنطرة تارِكًا ناشِزةً أو مِسَلَّةً بحريَّة.

تَنحتُّ رؤوسُ البَرّ إلى كُهوفٍ، وتاليًا إلى قناطِرَ، ثم إلى نواشِزَ أو مِسَلَّاتٍ بَحريَّة.

نَحاتُ رؤوسِ البَرِّ

تتألَّفُ رؤوسُ البَرِّ من صُخورٍ صَلْدةٍ، لكِنَّها، على مَرِّ الزَّمن، تتآكَلُ بالنَّحات. فالأمواجُ المُقتَرِبةُ من أحد الرؤوسِ تَلْتَفُّ حَوْلَهُ وتَحُتُّهُ من مُختلِفِ جَوانِبه مُحدِثةً كُهوفًا وقناطِرَ تظَلُّ عُرْضَةً لِلحَتِّ والتآكُلِ. والنَّحاتُ يَجري بطريقَتَيْنِ رئيسيَّتَيْن: في الأولى، يُبْرى الصَّخرُ ويتآكَلُ بالحجارةِ التي تَقْذِفُها الأمواجُ (فيما يُسمَّى النَّحاتُ الطبيعيُّ أو البِلَى بالاحتِكاك). وفي الثانية، تتوسَّعُ شُقوقُ الصَّخرِ عند تمدُّدِ الهواءِ المُنضغِطِ بالمياه المُندفِقة، عندَ تراجُعِها، مُسبِّبًا التكهُّف.

شاباهار مَكران، بإيران

تُبيِّنُ هذه الخارطةُ بِضعةَ نماذجَ من خطوطِ السَّاحلِ المُختلِفةِ حَوْلَ العالم. ويُساعِدُ الترميزُ اللونيُّ في تحديدِ كُلِّ نوع.

الأَوْدِيةُ الغاطِسَة (الشُّروم)
إذا هَبطتِ اليابِسةُ أو ارتفعَ مُستَوى البَحرِ، تُغمَرُ المناطقُ السَّاحليَّةُ بالمياه. ففي نهايةِ آخرِ عصرٍ جليديٍّ، انصهرت القلانِسُ الجليديَّةُ في شَتَّى مُحيطاتِ العالم فارتفعَ مُستَوى البَحرِ وأضحتِ التلالُ جُزُرًا، وفاضتْ أوديةُ الأنهارِ مُكوِّنَةً خطًّا ساحليًّا مُعرَّضًا ذا خُلُجٍ مُتفرِّعةٍ تُدعى شُرومًا أو أوديةً غاطِسَة.

شُرومٌ ومَصبَّاتٌ خليجيَّةٌ في غاليشيا، بإسبانيا

فيُورْد جيرَنْجر، بالنروج

الخُلجانُ الإفجيجيَّة (الفيُورْدات)
عندما تذوبُ المَثالِجُ، تتركُ عادةً أوْدِيةً نُونيَّةَ الشَّكل، تَغْمُرها مستوياتُ البَحرِ المُرتفِعةُ على امتِدادِ السَّاحِل، مُكوِّنةً خُلجانًا ضَيِّقةً طويلةً عموديَّةَ الجوانب. ويُلاحَظُ أنَّ الصُّخورَ والموادَّ الأخرى المُترسِّبةَ في مَصبَّاتِ هذه الأوديةِ تجعلُ مَداخِلَها ضَحْلةً جدًّا. ويُطلَقُ اللفظُ النَّروجيُّ فيُورْد (الذي معناه شِعبٌ من البحرِ تكتنِفُه جُرُفٌ شديدةُ الانحِدار) على هذه الخُلجانِ الإفجيجيَّة.

تكوينُ أرضٍ جديدة

البَحرُ قادرٌ على تدميرِ اليابسَةِ؛ وهو أيضًا قادرٌ على تكوينِها. فالموادُّ المُنحَتَّةُ المُترسِّبةُ على الشواطئِ تُضيفُ مِساحاتٍ جديدةً إلى اليابسة؛ كذلك فإنَّ انخفاضَ مُستوياتِ البَحرِ يكشِفُ أراضيَ جديدةً كانت مغمورةً بالمياه فيما مَضى.

تَكَوُّنُ الشواطِئ

أنقاضُ الصُّخورِ المُنحَتَّةِ من دَبْشٍ وكُسارةٍ لا تبقى على حالِها طويلًا، فالأمواجُ تعملُ على سَحْقِها إلى حَصًى حَصباوِيَةٍ ورَملٍ تُجَرُّ على طُولِ قَعْرِ البَحرِ، وتترسَّبُ أخيرًا في مَواقعَ مُسْتَذْرِيَةٍ نوعًا لِتُكوِّنَ شاطئًا. حتّى على الشواطئ، لا تتوقَّفُ فُتاتُ الصخرِ عن الحَرَكةِ والتنقُّلِ بِفعلِ الأمواجِ التي تثيرُها العواصفُ؛ كذلكَ فإنَّ الرِّياحَ تَذْرُو الجُسَيماتِ الأخفَّ منها. ونتيجةً لِمثلِ هذه التحرُّكاتِ المُستمِرَّةِ، فقد يتألَّفُ الشاطئُ شتاءً من حَصباءَ خَشِنةٍ ويَغدو، هو نفسُه، رَمليًا في الصيف. وتُقامُ حاليًا أسوارٌ ومَراطِمُ خاصّةٌ لِوَقْفِ هذه العمليّةِ أو الحدِّ منها.



الانجرافُ الشاطئيّ

٣. تجرِفُ الموجةُ التاليةُ الحصاةَ مائلةً إلى أعلى الشاطئِ مرّةً أخرى. ويتكرّرُ سُقوطُها نُزولًا مع المياه مُباشرةً في مَسارٍ مُتعرِّجٍ بموازاةِ الساحل، وهذا التحرُّكُ يُسبِّبُ الانجرافَ على طولِ الساحل.

بَرزخٌ رمليٌّ شاطئيٌّ في شاباهار مكران، بإيران.

الشَّواطِئُ المُتحرِّكة

الجُسَيماتُ الشاطئيّةُ دائمةُ الحركةِ مع انحسارِ الأمواجِ وانْدفاقِها، جارفةً الحَصَى والرَّملَ جيئةً وذَهابًا؛ وقد تُرسِّبُها في مواقعَ جديدةٍ على امتدادِ الشاطئِ في عمليّةِ الانجرافِ الشاطئيّ.

أَلْسِنَةٌ ساحليّةٌ رَمليّة

قد يمتدُّ لِسانٌ ساحليٌّ رَمليٌّ من اليابسةِ عَبْرَ خليجٍ ما فيُشكِّلُ حاجزًا؛ ويُدعى هذا الحاجزُ بَرْزَخًا شاطئيًّا (تُمْبولو) إذا تكوَّنَ بين جزيرةٍ والشاطئ.

المُسْتَنقعاتُ المِلْحيّة

أحيانًا تَنقُلُ الرِّياحُ نِطاقاتٍ رَمليّةً ممّا تُرَكِّمُه الأمواجُ فتجعلُ منها كُثبانًا تَعزِلُ مساحاتٍ من المياهِ العَذْبةِ أو القليلةِ المُلوحة. فتُجمَعُ هذه المياهُ لاحقًا وُحولًا، وتتحوّلُ إلى مُستنقعاتٍ مِلْحيّة.

شاطئٌ في المناطقِ الخفيضةِ، بجزيرةِ سيلْت، ألمانيا

خارطةُ خُطوطِ السّاحلِ في العالَم

الشاطئُ المُرتفِع

عندما ترتفعُ أرضٌ أو ينخفضُ عنها مُستوى البَحرِ، يبقى خطُّ الساحلِ عاليًا وجافًّا مُكوِّنًا شاطئًا مُرتفِعًا. وكان قد تكوّنَ العديدُ من هذه الشواطئِ شماليَّ أوروبا في نِهايةِ العَصرِ الجليديِّ الأخيرِ؛ فمعَ ذَوَبانِ الجليدِ أخذتِ الأرضُ ترتفعُ بِبُطء.

شاطئٌ مرتفعٌ في جِيرلوك، باسكُتلندا

خُطوطُ السّاحلِ المُتغيِّرة

لا تبقى خطوطُ الساحلِ في العالَمِ دائمًا على حالِها. فقد تتغيّرُ جذريًّا في وقتٍ قصيرٍ نسبيًّا، بِنَحْتِ الأمواجِ لليابسةِ وانْغِمارِ المناطقِ الساحليّةِ أو انكشافِها بتغيُّرِ مُستوياتِ سَطحِ البَحر.

لمزيد من المعلومات انظر

الصُّخورُ والمعادنُ ص ٢٢١
التَّجوِيةُ والتَّحاتُ ص ٢٣٠
الأمواجُ والمَدُّ (المَدُّ والجَزْر) والتيّاراتُ ص ٢٣٥
الطَّقسُ ص ٢٤١

الفَحْم

يَخْتزِنُ الفَحْمُ الحجريّ طاقةَ الشَّمْسِ منذُ ملايين السنين. إنَّ نُمُوَّ النباتاتِ يعتمِدُ على الشَّمْس؛ وإذا طُمِرت هذه النباتاتُ ملايينَ السنين تحتَ الضغطِ والحرارة في باطن الأرض فإنَّها تتحَوَّلُ إلى فَحْمٍ حَجَريّ. وعندَ إحراقِ الفحم، تُطْلَقُ تلك الطاقةُ المُختزنةُ منذُ القِدَم كطاقةٍ حراريَّة. الكربونُ هو العُنْصرُ الأساسيُّ في الفَحْم - فالكربونُ الذي يؤلِّفُ حوالى ٥٠٪ من الخشَب، يُشَكِّلُ قُرابة ٩٠٪ من الفَحْم. بدأ مُعظمُ الفَحْمِ بالتكوُّنِ في العصر الكربونيِّ منذُ حوالى ٣٥٠ مليون سنة. فغاباتُ المُستنقعات الضخمةُ التي نَمَت حينئذٍ هي اليومَ قُراراتُ الفَحْم الرَّئيسيَّةُ في العالَم.

توزُّعُ الفَحْم الحَجَريّ في العالَم



خارطةُ مَناطِقِ الفَحْم

مُعظمُ الفَحْمِ في العالَم مَصدرُه الرواسبُ المُتوضِّعةُ في العصرِ الكربونيّ، حينَ كانَ نَبتُ الأرضِ في أوجِ وَفرَتِهِ. لكنَّ بعضَ قُراراتِ الفَحْمِ المُهِمَّةِ في شمال أورُبا هي أحدثُ عهدًا بكثيرٍ إذ تكوَّنت من خشبِ النَّبتِ في بداياتِ الحُقَبِ الثالث منذُ حوالى ٤٠ مليون سنة.

تكَوُّنُ الفَحْم

الفَحْمُ صخرٌ رُسُوبيٌّ حَيَويُّ المَنشأ تكوَّنَ من بَقايا كائناتٍ حيَّة. فمنذُ مَلايينِ السنين، ذَوَتِ الغاباتُ وانْطمَرتْ في المُستنقعات قَبْلَ أن يَدِبَّ الانحِلالُ في أخشابِها. ومعَ التحجُّرِ البَطيءِ لِوُحُولِ تلك المُستنقعاتِ ورُمُولِها، تغيَّرَ تركيبُ النَّبتِ الدفين. فخسِرَتْ مُقَوِّماته، المُؤلَّفةُ من الكربون والهدروجين والأكسجين، مُعظمَ ما فيها من الهِدروجين والأكسجين تاركةً قُرارةً مُركَّزةً من الكربون، هي الفَحْم.

تعْدينُ الفَحْم

يُستخرَجُ الفَحْمُ من مَناجِمِه بالتعدين. فإذا بَرزَ عِرْقٌ أو طبقةٌ فحميَّةٌ بمُستوى سَطحِ الأرض، يقومُ المُعَدِّنون بحَفرِ نفقٍ أُفقيّ يُسَمَّى مَنجمًا سَرَبيًّا. لكنْ في أغلبِ الأحيان، تُحفَرُ الأنفاقُ عَموديَّةً للوُصول إلى الفَحْم تحتَ الأرض فيما يُعرَفُ بالمنجمِ البِئريّ. أمَّا إذا تواجدَ الفَحْمُ قريبًا من سطحِ الأرض، فيُعَدَّنُ الفَحْمُ بنَزعِ طبقاتِ الأتربةِ التي تُغطّيه في حُفرةِ تعدينٍ مَكشوفة (أو سَطحيَّة). لاحِظْ في الصورةِ المُقابلةِ أكوامَ الفَحْمِ المُستخرَجِ في أُستراليا.

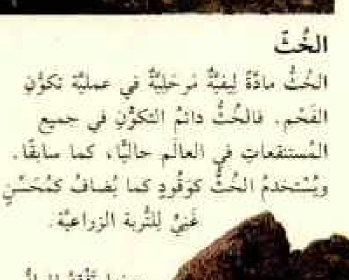
تنمو الغاباتُ جيِّدًا في أجواءِ المُستنقعات

موقِعٌ لاقْتِطاعِ الخُثّ في جُزُرِ فوكلاند

مالَتْ هذه الأشجارُ بعد مَواتِها أن تتغطّى بمَوادِّ مُستنقعيَّةٍ ثمَّ تنضغِطُ في طبقةٍ تحتَ ترسُّباتٍ تالية.

الخُثّ

الخُثُّ مادَّةٌ لِيفيَّةٌ مَرحليَّةٌ في عمليَّةِ تكوُّنِ الفَحْم. فالخُثُّ دائمُ التكوُّنِ في جميعِ المُستنقعاتِ في العالَم حاليًّا، كما سابقًا. ويُستخدَمُ الخُثُّ كوَقُودٍ كما يُضافُ كمُحَسِّنٍ غِنيٍّ للتُربةِ الزراعيَّة.



الخُثّ

بينما تَفْقِدُ الموادُّ النباتيَّةُ الدَّفينةُ الأكسجينَ تنضغِطُ إلى مادَّةٍ لِيفيَّةٍ هي الخُثّ.

اللِّجْنيت

تُواصِلُ الموادُّ المُترسِّبةُ تكدُّسها ضاغطةً الخُثَّ إلى صَخر، ومع تزايُدِ فَقْدِ الخُثِّ للأكسجين يتحوَّلُ إلى فحمٍ طريٍّ بُنِّيِّ اللونِ يُدعى اللِّجْنيت.

فَحْمٌ بِتْيُوميني



أخيرًا يبلُغُ انْضِغاطُ الخُثِّ الخشَبيِّ من الشِّدَّةِ ما يُحوِّلُه إلى فَحْمٍ برَّاقٍ أسودَ مُتراصّ هو الفَحْمُ البتيوميني، أكثرُ أنواعِ الفَحْم استخدامًا في الصِّناعة.

المناجِمُ الخَطِرة

خِلالَ القَرْنِ الثامنَ عَشَر، اعتمدتِ الثورةُ الصِّناعيَّةُ في أورُبا على الفَحْم كمَصدرٍ حَيَويٍّ للطاقة. لكنَّ تعدينَ الفَحْم كان عمليَّةً خَطِرة؛ فكانَ عُمَّالُ المناجِم حتّى الصِّبيانُ مِنهُم، يعملونَ في ظُروفٍ مُرعِبةٍ مُروِّعة. ثُمَّ اخترَعَ العالِمُ، هَمْفري ديفي، مِصباحَهُ المشهورَ «مِصباحَ ديفي» كَنَبيطةِ أمانٍ تُنذِرُ بِبلوغِ الغازاتِ داخِلَ المَنجَمِ مُستوى الخَطَر.

مصباح ديفي

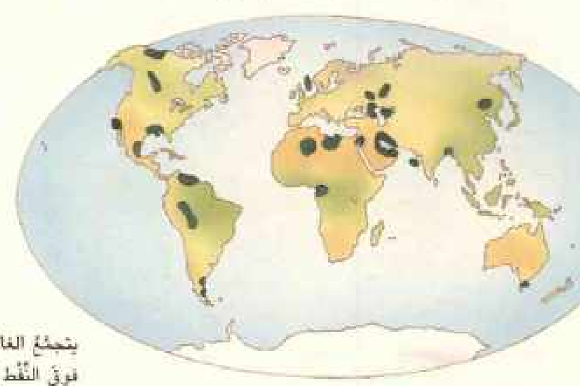
لمزيدٍ من المعلومات انْظُر

الكربون ص ٤٠
الكيمياءُ العُضويَّةُ ص ٤١
مُنتجاتُ الفَحْم ص ٩٦
بِنْيَةُ الأرض ص ٢١٢
الصُّخورُ الرُّسُوبيَّةُ ص ٢٢٣
حقائقُ ومَعلومات ص ٤١٤

النِّفْطُ والغاز

تُرى ماذا حَدَثَ لِلنباتاتِ والحيوانات البالِغَةِ الصِّغَر التي ماتَتْ في البَحْرِ منذُ مَلايينِ السنين؟ العُلماءُ يعتقِدونَ أنَّها تحوَّلَتْ إلى نِفْط - هو الوَقودُ الذي يُستخدَمُ اليومَ في تسييرِ السيَّاراتِ وتشغيلِ المَصانعِ وتصنيعِ الكثيرِ من الكيماويَّات المُفيدة. فالمادَّةُ الحيوانيَّةُ التي تتجمَّعُ في قاعِ البحرِ تَنْحَلُّ بِبُطءٍ بِفِعلِ البَكتيريا؛ وعمليَّةُ التحلُّلِ هذه تطلِقُ الميثانَ أو الغازَ الطبيعيَّ. وإذا سَخُنَتِ المادَّةُ المُتبقِّيةُ فإنَّها تتفكَّكُ إلى جُزَيئاتٍ خفيفةٍ تُسمَّى هِدْروكَربوناتٍ تنسَرِبُ عَبْرَ الصخور مُكوِّنةً تجمُّعاتٍ نِفطيَّةً. ومعَ أنَّ الغازَ الطبيعيَّ هو ناتِجٌ ثانويٌّ هنا، فإنَّ الغازَ الطبيعيَّ المُستخرَجَ من الصخور، في أمكنةٍ كبَحْرِ الشمال، هو في الواقِعِ ناتِجٌ من انحِلالِ الفَحْم.

تَوزُّعُ النِّفْطِ والغازِ الطبيعيِّ في العالَم



خارِطةُ مَناطِقِ النِّفْط

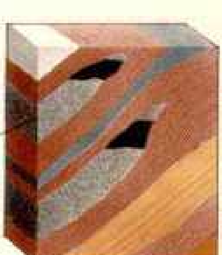
النِّفْطُ المُستَخرَجُ من حُقولِ النِّفْطِ الرئيسيَّةِ في العالَم، مَصدرُه صُخورٌ يعودُ تاريخُها إلى عَصرَيْن: العَصرِ الأردوفيسيّ الدّيفونيّ (منذ ٤٠٠ إلى ٣٥٠ مليون سَنة) والعصرِ الجُوراسيّ الطَّباشيريّ (منذ ٢٠٠ إلى ٦٥ مليون سَنة).

يتجمَّعُ الغازُ فوقَ النِّفْط

صخرٌ كَتيمٌ لا ينْفُذُ منه النِّفْطُ، فيَحْتَبِسُ النِّفْطُ تحتَه.

صخرٌ مَساميٌّ ينفُذُ منه النِّفْط.

يتجمَّعُ النِّفْطُ في صخرٍ مَساميٍّ يُحتَبَسُ فيه، يُدعى مَكْمَنًا. ويُحتبَسُ النفطُ عادةً في صخرٍ كَتيمٍ لا ينفُذُ منه.





يتكوَّنُ المَحْبِسُ المُفْرَدُ عندما يتَصدَّعُ صخرُ المَكمَنِ قُبالةَ صخرٍ آخر.

في مَحْبِسٍ طَبَقيّ، تُطمَرُ طَبقاتٌ مُنعزِلةٌ من الصَّخرِ المَساميِّ في صخرٍ كَتيم. فإذا مالَتْ تلك الطبقاتُ يتجمَّعُ النِّفْطُ في أطرافِها.

مَكْمَنُ النِّفْط

المادَّةُ الحيوانيَّةُ المُتجمِّعةُ في الصُّخور تنحَلُّ إلى قَطَراتٍ من النِّفْطِ تَطْفُو فوقَ المياهِ الجَوفيَّة. ولكَونِها أقلَّ كثافةً من الماء، تُتابِعُ القَطَراتُ نَفاذَها صُعُدًا عَبْرَ مَسامِّ الصَّخرِ حتّى تبلُغَ طَبقةً صَمّاءَ كَتيمةً تحتَبِسُها، تُسمَّى صخرَ الغِطاء، فتتجمَّعُ هناكَ مُكوِّنةً مَكْمَنًا نِفطيًّا.

قد تَخضَعُ طبقاتُ المِلْحِ لِشدَّةِ الضغطِ فتَرتفِعُ عَبْرَ الصخورِ فوقَها مُكوِّنةً قُبَّةً. وقد يتجمَّعُ النِّفْطُ في مِثْلِ هذه القِباب.

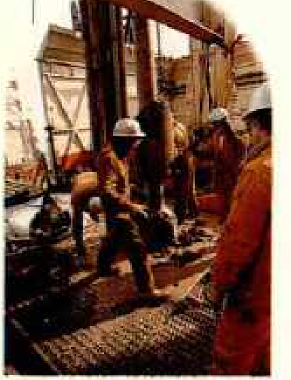
نَظَريَّةٌ بَديلة

بالرُّغمِ من تَوافُقِ مُعظَمِ العُلَماءِ على أنَّ النِّفْطَ قد تكوَّنَ من كائناتٍ حيَّةٍ، فإنَّ هنالكَ نظريَّةً تقولُ بأنَّه تكوَّنَ بالفِعلِ من صُخورٍ مُتحوِّلة. وقد يأتي إثباتُ ذلك أو دَحْضُه من بِئرٍ يَجري حَفْرُها حاليًّا بالسُّويد في صخورٍ مُتحوِّلة.

اختبارُ الحَفْرِ في بُحيرة سيلْجان، بالسُّويد

مُعَدَّاتُ الاستِكشاف

تُعيَّنُ مَكامِنُ النِّفْطِ المُحتمَلةُ بدراسةِ سَطحِ الأرضِ بطريقةِ التَّحَسُّسِ النَّعاديّ. فتُرسَلُ أمواجٌ صوتيَّةٌ إلى باطِنِ الأرض وتُسجَّلُ انعِكاساتُها وتُدرَس. لكنَّ وُجودَ النِّفطِ لا يُمكِنُ إثباتُه فِعلًا إلّا بحَفْرِ بِئرٍ في المَوقِع، ويتِمُّ ذلك بالمُعدّاتِ والتجهيزاتِ الاستِكشافيَّة.



عُمّالُ تجهيزاتِ الاستِكشاف في بحرِ الشمال

لمزيدٍ من المعلومات انْظُر
الكيمياءُ العُضويَّة ص ٤١
صِناعةُ الكيماويَّات ص ٨٢
مُنتجاتُ الغاز ص ٩٧
مُنتجاتُ النِّفْط ص ٩٨
البِحارُ والمُحيطات ص ٢٣٤
حقائقُ ومَعلومات ص ٤١٤

يطفُو جهازُ النِّفْطِ خَفيضًا في الماء كَيلا يتأثَّرَ بالأمواج.

تُستخدَمُ السُّفُنُ لِلحَفْرِ في المياهِ العميقةِ جدًّا. فيُركَّبُ جهازُ الحَفْرِ عَبْرَ ثقبٍ في هَيكلِ السَّفينة.

في المياه الأعمقِ يُستخدَمُ جهازٌ ذو قوائمَ صامدةٍ للشَّدّ، وهو يطفو، لكنَّه مُثبَّتٌ في قاعِ البحرِ بالأربطةِ والشَّدّادات.

يُستخدَمُ جهازُ حفرٍ ذو عرقاعٍ في المياهِ الضَّحلةِ نوعًا، وتحمِلُه قوائمُ تمتدُّ إلى قاعِ البَحْر.

مِنَصَّةُ الإنتاج

عندَ إثباتِ وُجودِ كميَّةٍ من النِّفْطِ مُجديةٍ اقتِصاديًّا، يُصارُ إلى استخراجِها بواسطةِ مِنصَّةِ إنتاج. ومن المنصَّةِ تُحفَرُ البئرُ في صخورِ المَكمَن، ويُضَخُّ النِّفْطُ إلى السطحِ حيثُ يجري نقلُه عَبْرَ الأنابيبِ أو الناقِلاتِ إلى مَعمَلِ تكريرٍ (أو مِصفاة).

رَسْمُ خَرائِطِ الأرض

هل يُمكِنُ مُشاهدةُ العالَمِ كُلِّه بنظرةٍ واحدة؟ إنَّ ذلك مُمكِنٌ فقط على الخريطة. فبدونِ الخرائطِ، من العَسيرِ جدًّا تكوينُ فِكرةٍ عن شَكلِ الأرض وهيئتِها. فمُنذُ آلافِ السِّنين أخذَ النَّاسُ يرسُمونَ الخرائطَ لِتُساعدَهُم في أستكشافِ البيئات المُحيطةِ بِهم. وعندما تطوَّرتِ الخرائطيَّةُ عِلمًا وفنًّا صارت الخرائطُ تظهرُ مُرَمَّزةً وبمقاييسِ رسم أكبرَ لِتُبيِّنَ بوُضوحٍ ودِقَّةٍ مَعالمَ الأرضِ الجُغرافيةِ كالجبالِ والأنهار. إنّ رسمَ الخرائطِ لِلأرض بكامِلِها يَقتضي رسمَ سَطحِ الكُرةِ الأرضيَّةِ المُقوَّسِ على ورقةٍ مُسَطَّحة! لكنّ الخرائطَ المُبتَدعةَ لِتحقيقِ ذلك، مهما كان نوعُها أو مَسقَطُها، لا بُدَّ أنْ تكُونَ مُشَوَّهةً بِشَكلٍ أو بآخَر.



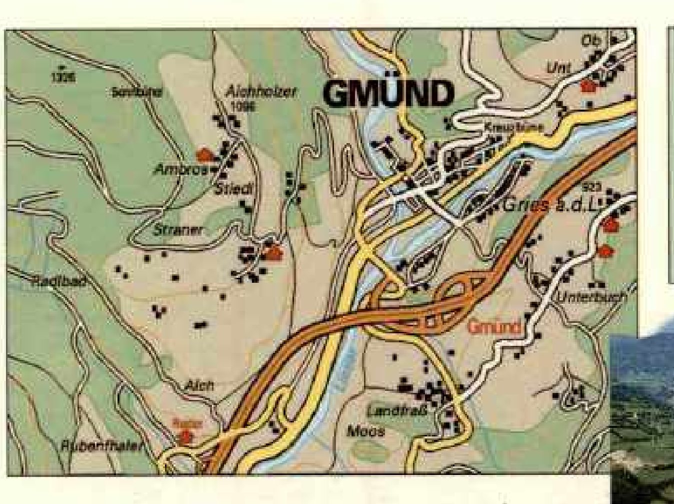
صورةٌ ساتِليَّةٌ لِشِبْهِ جزيرة بوليبُنسس بجنوبِ اليونان

خَريطةٌ ساتِليَّة

إنَّ تِقنيّاتِ الفَضاءِ الحديثةَ قد أحدثَتِ أنقلابًا في فُنونِ الخرائطيَّة، فأصبحتِ الخرائطُ تُرسَمُ من الصُّوَرِ المُلتَقَطةِ بواسطةِ السَّواتِل، مُبيِّنةً شَكلَ الأرض كما يبدو من الفضاء. وبسببِ حساسيَّةِ السَّواتِلِ الفائقة، فإنَّها تستطيعُ التِقاطَ تفاصيلَ دقيقةٍ - كأنواعِ الزُّروعِ في منطقةٍ مُعيَّنةٍ من العالَم، ومُستوياتِ الحرارةِ المُنبعِثةِ من المَصانِع.

الخَرائط

الخريطةُ صُورةٌ مُصَمَّمةٌ لِبَيانِ المَلامحِ الطبيعيَّةِ أو الحُدودِ السياسيَّة لِمنطقةٍ مُعيَّنةٍ من سَطحِ الأرض. والخرائطُ على أنواعٍ تَبَعًا لأغراضِ أستخدامِها. فخَرائطُ الطُّرُقِ مثلًا، تُركِّزُ على الطُّرُقِ وتفرُّعاتِها، وتُمثِّلُ أنواعَها بِرُموزٍ مُختلفة. أمّا الخرائطُ السِّياسيَّةُ فتُركِّزُ على الحدودِ السياسيَّةِ والتقسيماتِ الرسميَّةِ والإداريَّة.



دليلُ الرُّموز

فُندُق

تضاريس أرضيَّة

طَريق

نَهر

مَبْنًى

غمند في النمسا

التصويرُ الجَوِّي

صُورةٌ جَوِّيَّةٌ مُلتَقَطةٌ من الطائرة تُمثِّلُ مَنظرًا عامًّا لِمنطقة. لكنَّ هذه الصورة لا تُبيِّنُ الرُّموزَ الاصطلاحيَّةَ التي تجعلُ الخارطةَ صالحةً لِلاستعمال، كالخارِطةِ أعلاه.

مَسقَطٌ أُسطُوانيّ

في المَسقَطِ الأُسطُوانيّ، يُتخيَّلُ لَفُّ الورقةِ حولَ الأرض، مُلامِسةً خطَّ الاستِواء. فالخارطةُ المُسقَطةُ بهذه الطريقة تُبيِّنُ الشَّمالَ دائمًا في أعلى الخارطة، لكنَّ المساحاتِ فيها مُشوَّهةٌ بالتسطيح.

مَسقَطٌ مَخْرُوطيّ

في المَسقَطِ المَخْرُوطيّ تُشكِّلُ الورقةُ التَّخيُّليَّةُ مَخْرُوطًا مُلامِسًا الأرضَ عبرَ أمتِدادِ خطِّ عَرْضٍ مُعيَّن. إنَّ الخارطةَ المَرسومةَ بهذه الطريقةِ هي الأقلُّ تشْوِيهًا في المساحات.

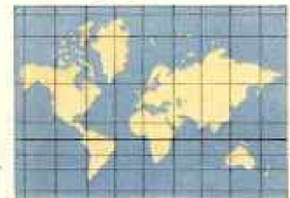
في المَسقَطِ السَّمْتيّ، تُلامِسُ الورقةُ الكُرةَ الأرضيَّةَ في نُقطةٍ واحدة، وإذا كانت تلك النقطةُ القُطبَ، فخُطوطُ الطول عندئذٍ تظهرُ بزواياها الصحيحة.

مَسقَطٌ سَمْتيّ

مِرْكاتور

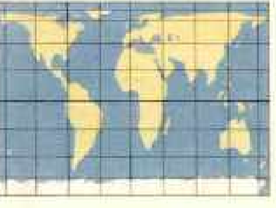
المَسقَطُ المِركاتُوريّ، الذي نُشِرَ للمَرَّةِ الأولى عام ١٥٦٩، أساسُه المَسقَطُ الأُسطُوانيّ. ولمّا كانت الاتِّجاهاتُ فيه غيرَ مُشوَّهة، فإنَّ هذا المَسقَطَ مُفيدٌ في المِلاحَة وخَرائِطِ الأرصادِ الجَوِّيَّة - حيثُ أتجاهاتُ الرِّيحِ بالغةُ الأهمِّيَّة. لكنَّ تشوُّهَ المساحاتِ كبيرٌ جدًّا فيه، حتّى إنَّ جرينلَنْد تبدو بحَجْمِ إفريقية أو أكبر قليلًا، بينما تُساوي هي في الواقع حوالى ١/١٢ من مساحة إفريقية.

مَسقَطُ مِركاتُور



عالِمُ الجُغرافية، البلجيكيّ جيرارْدُوس مِركاتور، المولودُ جيرهارْد كريمر (١٥١٢-١٥٩٤).

مَسقَطُ بِيتَرْز



مَساقِطُ الرسم

لكي نَعرِضَ سُطوحَ الأرضِ المُقوَّسةَ على وَرَقةٍ مُسطَّحةٍ بدقَّة، نَستخدِمُ تِقْنيَّةَ الإسقاط. تخيَّلْ أنَّ الأرضَ شفَّافةٌ وأنَّ في مركزِها ضوءًا يُلقي ظِلالًا لِمَعالمِ سطحِ الأرض على ورقةٍ مُوضَعةٍ قُربَها. فالظِّلُّ الساقِطُ على الورقةِ هو أساسُ تلك الخارِطة.

خارِطةُ بِيتَرْز

صَمَّمَ هذه الخارطةَ آرنُوس بِيتَرْز عام ١٩٧٧، وهي تُبيِّنُ المَقاساتِ الحقيقيَّةَ لِلقارّات. لكنْ حتّى يتوصَّلَ بيتَرْز إلى تحقيقِ ذلك، كان لا بُدَّ من مَطِّ أشكالِ القارّات.

لِمَزيدٍ من المعلومات أنظُر

التِّلِسكوباتُ الأرضيَّةُ ص ٢٩٧
تِلِسكوباتُ الفَضاء ص ٢٩٨
السَّواتِلُ (الأقمارُ الصناعيَّة) ص ٣٠٠
السَّوابِرُ الفَضائيَّة ص ٣٠١
المَحطّاتُ الفَضائيَّة ص ٣٠٤
حَقائقُ ومَعلومات ص ٤١٤

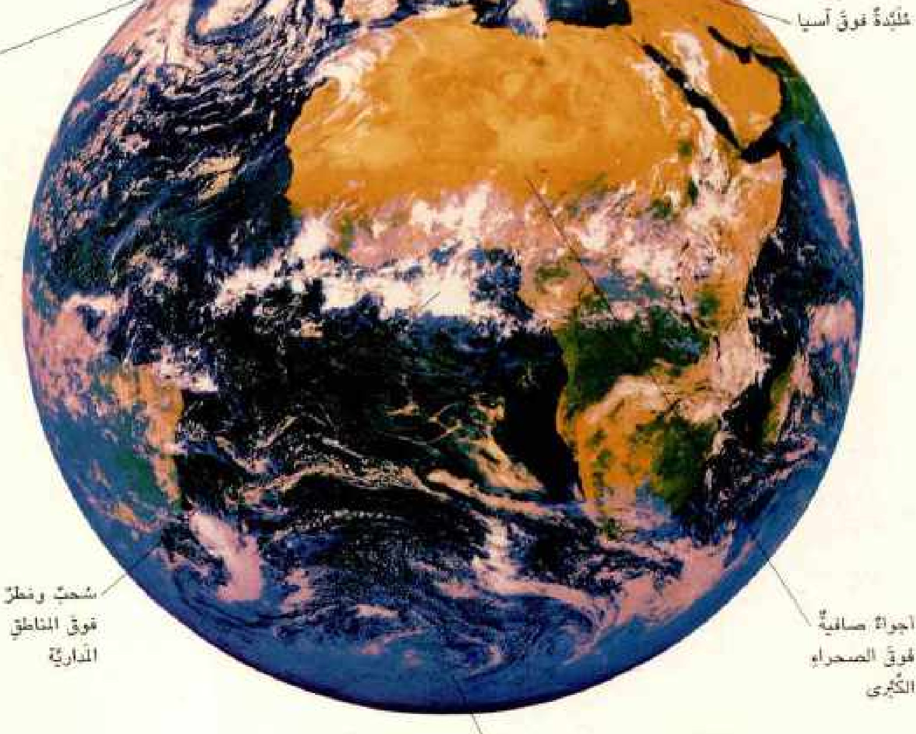
الطَّقْس

حياةُ الناسِ جميعًا تتأثَّرُ بالطَّقس - ماذا يأكُلونَ ويَشربون، وماذا يَلْبَسون وكيف يتصرَّفون وما أنواعُ بيئاتهم وأشكالُ منازِلِهم. حتّى طبيعةُ الأرضِ تتأثَّرُ وتتشكَّلُ بعَوامِلِ الطَّقس؛ فالرِّيحُ والمَطَرُ والثلجُ والجَليد كُلُّها عوامِلُ تَحُتُّ الصُّخورَ والجِبال. الطَّقسُ جُزْءٌ من عالمِنا - إنَّه حالةُ الهواءِ في أيِّ مكانٍ وزَمان؛ وقد يكونُ حارًّا أو بارِدًا، عاصِفًا أو ساكِنًا، رَطْبًا أو جافًّا. في بعضِ المناطِقِ يتغيَّرُ الطَّقسُ بين يومٍ وآخر؛ وفي مناطِقَ أُخرى قَلَّما يتغيَّرُ على مَدارِ العام. وجُمْلَةُ أحوالِ الطقسِ لِمنطقَةٍ بينَ عامٍ وآخَر تُسَمّى المُناخ. ويعتمِدُ المُناخُ أساسًا على بُعْدِ المَوقِعِ شَمالًا أو جَنوبًا عن خَطِّ الاستِواء وبالتالي على كميَّةِ الطّاقةِ الشَّمْسيَّةِ التي يتلقّاها.

المَطَر

سُكّانُ المناطِقِ المَطيرةِ يَعرِفونَ أنَّ الجَوَّ المُلبَّدَ بالسُّحُبِ الرَّماديَّةِ السوداءِ يُبَشِّرُ بالمَطَر. فالسُّحبُ المُزْنِيَّةُ كثيفةٌ تعبَقُ بالمطرِ بحيْثُ تصُدُّ أشِعَّةَ الشَّمس. وكُلَّما ازدادتِ الغُيومُ كثافةً وسَوادًا ازدادتْ كميَّةُ الأمطارِ المُحتمَلُ سُقوطُها.









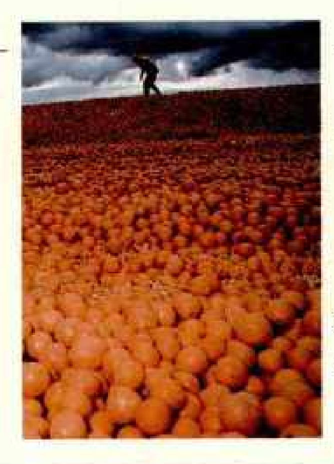
المناطقُ المُشمِسة

المَناطِقُ ذاتُ الطَّقسِ الأكثرِ حرارةً في العالَمِ هي الصحارى الجافَّةُ البعيدةُ قليلًا عن خطِّ الاستِواء - حيثُ الأجواءُ خِلْوٌ من السُّحُبِ الدّاكنَةِ التي تَحجُبُ سَفْعَ الشَّمس. فالأجواءُ في الصحراءِ الكُبرى في إفريقيَة صافيةٌ لا غيمَ فيها طَوالَ أيامِ السنة تقريبًا.



إلٰه الشَّمس

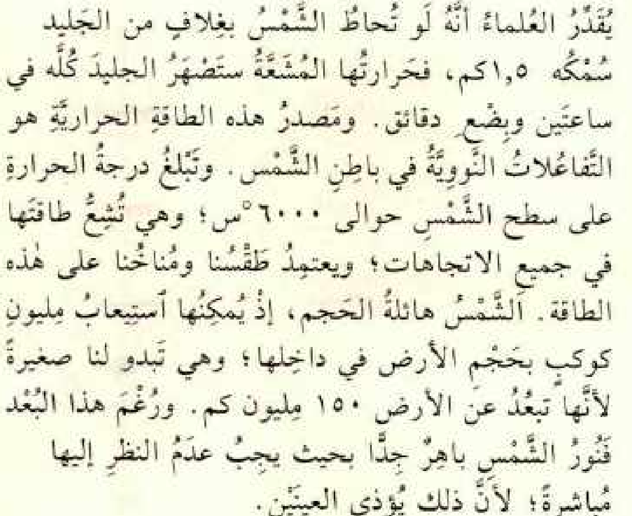
كثيرٌ من أهلِ الحضاراتِ القديمةِ عَبَدوا آلِهةً خاصَّةً لاعتِقادِهم أنَّها المَسْؤولةُ عن أحوالِ الطَّقس. فعَشائِرُ الأزتك في المكسيك عَبَدوا إلٰه الشَّمسِ تُوناتوِيْخ طَمَعًا في نُورِ شَمْسِه لإنضاجِ مَحاصيلِهم. فبِدونِ ما يكفي من هذا الضياءِ كانت تتناقصُ مَحاصيلُهم وتُحيقُ بهم المَجاعَة. فتُوناتوِيْخ، وما يُمثِّله، كان مُهمًّا جدًّا لهُنودِ الأزتك حتّى إنَّهم شَيَّدوا له المعابدَ وقدَّموا له القَرابينَ البَشريَّةَ لِشِدَّةِ حِرْصِهم على استرضائه.



تَلَفُ المَحاصيل

هُبوبُ الرِّياحِ العاتيةِ وسُقوطُ الأمطارِ الغَزيرةِ وانهمارُ البَرَدِ أنْباءٌ سيِّئةٌ لِلْمُزارعين لأنها تُتلِفُ مَزروعاتِهم ومَحاصيلَهم. لذا يُحاوِلُ المُتنبِّئونَ بأحوالِ الطَّقسِ تحذيرَ المُزارعينَ من الطَّقسِ السيِّئ كي يتخذوا ما يُمكِّنُهم من الاحتياطات. هذه الأكوامُ الضخمةُ من البُرتُقالِ في كاليفورنيا، بالولاياتِ المُتحدة، تَلِفَتْ بِسُوءِ الأحوالِ الجوِّيَّة، فعادَتْ لا تَصلُحُ لِلبَيْع.

شَعُّ الشَّمْس



يُقَدِّرُ العُلماءُ أنَّهُ لَو تُحاطُ الشَّمْسُ بِغِلافٍ من الجَليد سُمْكُه ١,٥كم، فحَرارتُها المُشَعَّةُ ستَصْهَرُ الجليدَ كُلَّه في ساعتَين وبِضْعِ دقائق. ومَصدرُ هذه الطاقةِ الحراريَّةِ هو التَّفاعُلاتُ النَّوويَّةُ في باطِنِ الشَّمْس. وتَبْلُغُ درجةُ الحرارةِ على سطح الشَّمْسِ حوالى ٦٠٠٠°س؛ وهي تُشِعُّ طاقَتَها في جميع الاتجاهات؛ ويعتمِدُ طَقْسُنا ومُناخُنا على هٰذه الطاقة. اَلشَّمْسُ هائلةُ الحَجم، إذْ يُمكِنُها ٱستيعابُ مِليونِ كوكبٍ بحَجْمِ الأرض في داخِلها؛ وهي تَبدو لنا صغيرةً لأنَّها تبعُدُ عن الأرض ١٥٠ مِليون كم. ورُغْمَ هذا البُعْد فنُورُ الشَّمْسِ باهِرٌ جدًّا بحيث يجِبُ عدَمُ النظرِ إليها مُباشرةً؛ لأنَّ ذلك يُؤذي العينَيْن.

البُقَعُ الشَّمْسيَّة

تُشاهَدُ أحيانًا بُقَعٌ داكِنةٌ على سَطحِ الشَّمْسِ تقِلُّ درجةُ حرارتِها عن باقي سَطحِ الشَّمْسِ المُضيء فتَبلُغ حوالى ٤٠٠٠°س. توجَدُ في هذه البُقَع مَجالاتٌ مغْنَطيسيَّةٌ؛ ويتَباينُ عددُها، زِيادةً ونُقصانًا، في فَتَراتٍ دَوريَّةٍ كُلَّ ١١ سنة. الصورةُ أعلاه التُقِطَتْ في ١ أيلول (سبتمبر) عام ١٩٨٩، قَبْلَ بِضْعةِ أشهُرٍ من النَّشاطِ الأقصى للبُقَعِ الشَّمْسيَّة.

دَوْرَةُ الجَفاف

يعتقِدُ بعضُ العُلماءِ أنَّ البُقَعَ الشَّمْسيَّةَ تُؤثِّرُ في الطَّقْس. ففي بعضِ أنحاءِ العالَم، تكرَّرَ شُحُّ الأمطارِ دَوريًّا كُلَّ ٢٢ سنةً تقريبًا (أي فترةُ دورتين مُتتاليتَيْن للبُقَعِ الشَّمْسيَّة) مُسبِّبًا جَفافًا وقَحْطًا شَديدَين. وقد أصابَ ذلك أمريكا الشَّماليَّة في الثلاثينيّات وفي الخمسينيّات وفي السَّبعينيّات من القَرْنِ العشرين. وإذا صَحَّت نَظَريَّةُ البُقَعِ الشَّمْسيَّةِ فيُتوقَّعُ تكرارُ هذا الشُّحّ أواخِرَ التِّسعينيّاتِ من هذا القَرْن. ومَعْلومٌ أنَّهُ بِٱنحِباسِ الأمطارِ تَنْضُبُ الأنهارُ وقد تَجِفُّ.

إدْوارد مُوندَر

دَهِشَ عالِمُ الفَلَكِ البريطانيّ، إدْوارد مُوندَر (١٨٥١-١٩٢٨)، عندما وَجَدَ أنَّ السِّجلاتِ المُؤرَّخةَ لِنَشاطِ الشَّمْسِ تُبيِّنُ ٱنعِدامَ البُقَعِ الشَّمْسيَّةِ في الفترةِ بينَ عامَي ١٦٤٥ وَ ١٧١٥، المَعروفةِ الآنَ بِأدْنَويَّةِ مُوندَر. وفي الفترةِ نفسِها، كانَ البردُ في أورُبا من الشِّدَّةِ بحيث عُرِفَت تلكَ الفترةُ «بالعصرِ الجليديّ الصغير». وقد تزَوَّجَ مُوندَر من مُساعِدَتِه آني رَسِل وعملا معًا؛ فكانت إحدى أُولى عالماتِ الفَلَكِ في العالَم. وكان لِجُهدِها الخاصّ فَضْلٌ في شُهرتِها.

عوامِلُ التحَكُّم في الطَّقْس

أحوالُ الطَّقْسِ تَحكُمُها حرارةُ الشَّمْسِ التي تُبقي الهواءَ في حَرَكةٍ دائمة. فعندما يَسْخُنُ سَطْحُ الأرض، يَسْخُنُ الهواءُ الذي يُلامِسُه فيَرْتَفِعُ، ويَحُلُّ محَلَّهُ هواءٌ باردٌ؛ وهذا يُثيرُ الرِّياح. كذلك فإنَّ حرارةَ الشَّمْسِ تُبَخِّرُ الماءَ من البِحارِ فتتكوَّنُ السُّحُبُ وهٰذه تُسْقِطُ رُطوبَتَها مَطَرًا عِندما تَبْرُد.



قُطْرُ الشَّمْس ١٠٨ أضعافِ قُطْرِ الأرض؛ لكِنَّ الأرضَ كُرَةٌ صَخريَّةٌ جامِدةٌ فيما الشَّمْسُ كُرَةٌ غازيَّةٌ حارَّة.



تَركيزُ شَعِّ الشَّمْس

يُمكِنُ تَركيزُ قُدرةِ أشِعَّةِ الشَّمْسِ بواسطةِ عدَسةٍ مُكبِّرةٍ عاديَّةٍ تَحرقُ ثقوبًا في قِطعةٍ من الوَرَق. (الأحداثُ لا يحاوِلونَ ذلك دونَ إشرافِ الراشِدين). وفي الأقطارِ الجافَّةِ الحارَّة، تُستخدَمُ مَرايا مُقوَّسةٌ خاصَّةٌ لِتركيزِ أشِعَّةِ الشَّمْسِ لإحماءِ «لوحِ تَسْخين» يُستَعْمَلُ مَوقِدًا للطَّبْخ.

لمزيد من المعلومات انظر

الفُصُول

تُدَوِّمُ الأرضُ حولَ مِحوَرِها (كالخُذروف) فيما هي تَدورُ حولَ الشَّمْسِ في مَدارٍ بَيضيِّ الشكل، مُتَمِّمةً الدورةَ الكامِلةَ في ٣٦٥,٢٦ يومًا. ويميلُ مِحْوَرُ الأرضِ على مُستوى الفَلَكِ ٢٣,٥°، بحَيثُ إنَّ هذا المَيْلَ يكونُ نحوَ الشَّمْسِ في نِصف الكُرةِ الشَّمالي عندما الأرضُ في جانِبٍ من الشَّمْس، وبعدَ ستَّةِ أشهُرٍ، حينَ الأرضُ في الجانب الآخرِ من الشَّمْس، يُصبِحُ الميلُ نحوَ نِصفِ الكُرَةِ الجنوبيِّ. ففي النِّصفِ المائلِ نحو الشَّمْسِ ترتَفِعُ الشَّمْسُ عاليًا في كَبِدِ السَّماءِ وتكُونُ الأيامُ طويلةً (بِنُهُرِها) والطَّقْسُ حارًّا، والفَصْلُ صَيْفًا. بينما في نِصفِ الكُرةِ المُقابِلِ، الحائدِ عن الشَّمْس، يكُونُ ارتفاعُ الشَّمْسِ أخْفَضَ في تكَبُّدِها السَّماءَ، والأيَّامُ أقصَرَ وأبْرَدَ، والفَصْلُ شِتاءً.



شَمْسُ مُنْتَصفِ الليل

في المَناطِقِ القريبةِ من القُطْبِ الشَّماليِّ لا تَغيبُ الشَّمْسُ خِلالَ فَصْلِ الصيفِ على مَدى عِدَّةِ أشهُرٍ. ففي بُلدانٍ، كفِنْلندا، يكُونُ نهارٌ لِمُدَّة ٢٤ ساعة، وذلكَ بسبب مَيَلانِ مِحْوَرِ الأرض. وتُسَمَّى هذه مَناطقَ شَمْسِ مُنْتَصفِ الليل. وبينما يكونُ في القُطبِ الشَّماليِّ نهارٌ دائم، يكونُ ليلٌ دائمٌ في القُطبِ الجَنوبيِّ أواسِطَ الشتاء حيثُ لا تَطْلُعُ الشَّمْسُ مُطلَقًا. وتنعكِسُ الحالُ في السِّتةِ الأشهُرِ التالية.

الأرضُ تُدَوِّمُ مائلةً

تُدَوِّمُ الأرضُ حَولَ مِحوَرِها (وهو خَطٌّ وَهْميٌّ عَبْرَ قُطْبَيها الشَّماليِّ والجَنوبيِّ). وهذا المِحْوَرُ ليسَ عَمُودِيًّا على مُستوي مَدارِ الأرض حولَ الشَّمْس، بَلْ يميلُ عنه كما أسلَفْنا بـ ٢٣,٥°. وهكذا فإنَّ أحدَ نِصفَي الكُرةِ الأرضيَّةِ يتلقَّى إشعاعَ الشَّمْسِ أكثرَ من النِّصْفِ الآخرِ، وبالتالي حرارةً أكثرَ تَبَعًا لِذلك الوقتِ من السنة. وهذا التَّغيُّرُ في درجاتِ الحرارة على مَدارِ السَّنةِ يُسَبِّبُ الفُصُول.

عيدُ ميلادٍ مُثلِج

الخامسُ والعشرونَ من كانونَ الأول (ديسمبر) يكونُ شتاءً في نِصفِ الكُرةِ الشَّماليِّ؛ فتنخَفِضُ الحرارةُ، وتُثلِجُ السماءُ والأرضُ عادةً في بلادٍ كالنروج وكندا. ويَعْمَدُ الناسُ إلى ارتداءِ الملابسِ الدفيئة خارجَ منازلِهم.

في القُطْبَيْنِ فَصلانِ فقط: شتاءٌ على مَدى ستَّةِ اشهر، وصَيْفٌ لمُدَّةٍ مُماثِلة.

يَميلُ نِصْفُ الكُرةِ الشَّماليِّ عن الشَّمْس، فيكُونُ شتاءٌ.

صيفٌ في نِصْفِ الكُرةِ الجَنوبيِّ

يَميلُ نِصْفُ الكُرةِ الشَّماليِّ نحوَ الشَّمْس، فيكونُ صيفٌ.

المناطِقُ القريبةُ من خَطِّ الاستِواء تتلقَّى دَوْمًا كامِلَ حرارةِ الشَّمْس نهارًا.

المَناطِقُ بينَ القُطْبَيْنِ والمَناطِقُ الاستِوائيَّةِ المَدارِيَّةِ تنعَمُ بأربعةِ فُصُولٍ، تتغيَّرُ تدريجيًّا من الربيع إلى الصيف إلى الخريف إلى الشتاء.

شِتاءٌ في نِصْفِ الكُرةِ الجَنُوبيِّ.

عيدُ ميلادٍ حارّ

عيدُ الميلاد (٢٥ كانون الأول) يومٌ من الصيفِ في نِصفِ الكُرةِ الجَنوبيّ. ففي بُلدانٍ كأستراليا، يكونُ الطَّقسُ مُواتيًا للاستِجمامِ على شاطئِ البَحر.

في مُنْتَصفِ الشِّتاء، عندما يكُونُ نِصْفُ الكُرةِ في أقصى بُعْدِه عن الشَّمْس، يكونُ ظلامٌ في القُطْبِ طوالَ اليوم.



تبايُنُ الظِّلالِ مَوسِميًّا

عبَدَ بعضُ أهلِ الحَضاراتِ القَديمةِ الشَّمْسَ، وعَرَفوا تغَيُّراتِ مَسارِها. هذا الحَجَرُ في مدينةِ إنكا من ماتشو بِتشو، بالبيرو هو الإنتيهُوتانا - أو نُصْبُ إنتي، إلهِ الشَّمْس. وقد لَحَظَ الإنكيُّونَ تغَيُّراتِ طولِ ظِلِّ هذا الحجَرِ عِندَ الظَّهيرةِ خلالَ السَّنة.

لمزيدٍ من المعلومات انْظر

تكَوُّنُ الأرض ص ٢١٠
شَعُّ الشَّمْس ص ٢٤٢
الثَّلج ص ٢٦٦
النِّظامُ الشَّمْسيّ ص ٢٨٣
مَناطِقُ القُطبَيْن والتَّندرا ص ٣٨٢

المُناخ

يَعتمِدُ مُناخُ مِنطقةٍ مّا على مَوقِعها على سَطْحِ الأرض. فمُناخُ المناطقِ القريبة من خطِّ الاستِواء حارٌّ لأنّها تتلقّى شَعَّ الشَّمْسِ من فوقِها مُتعامِدًا تقريبًا؛ بينما المُناخُ بعيدًا عن خطِّ الاستِواء يكونُ باردًا دومًا. لكنَّ المُناخَ لا يعتمِدُ فقط على بُعدِ المكانِ عن خطِّ الاستِواء؛ فتيّاراتُ المُحيطاتِ تحمِلُ الدِّفْءَ حَوْلَ العالَم وتُؤثّر في مُناخات اليابِسَةِ. كذلكَ يتأثّرُ مُناخُ المَكانِ ببُعدِه عن البَحْر، وبارتفاعِه عن سَطْح البَحْر؛ فكلّما ارتفعَ المكانُ كانَ مناخُه أبردَ على الأرجَح. وتُصنَّفُ المُناخاتُ إلى ثمانيةِ أنواعٍ رئيسيَّةٍ معَ اختِلافاتٍ بَسيطة ضِمْنَ كُلِّ نوع.



المِنطقةُ المُعتدِلة

في المَناطِقِ المُعتدِلةِ المُناخ قد يَسقُطُ المَطَرُ في أيِّ وَقتٍ من السَّنة. فصَيفُها عادةً ليسَ حارًا جدًّا، وشِتاؤُها ليس باردًا جدًّا؛ لكنّها قد تُعاني من فَتَراتِ حَرٍّ قصيرةٍ في الصيف ونَوباتٍ من تساقُط الثلجِ شديدًا في الشتاء. تقعُ سُهوبُ وايُومِنغ، بالولايات المتحدة، ومُعظمُ حوضِ البحرِ الأبيض المتوسِّط في المنطقة المُعتدِلة.

المناطِقُ السّاحِليّة

البُلدانُ المُحاطةُ بالبَحر والصغيرةُ الكُتلةِ الأرضيّةِ نِسبيًّا، كبريطانيا ونيوزيلندا، لا مَكانَ فيها بعيدٌ جدًّا عن البَحْر، وتَنعَمُ بمُناخٍ مُطْرِد الاعتدال صيفًا وشتاءً؛ ويُعرَفُ مُناخُها بالمُناخِ البَحْريّ. وفي هذا المُناخ لا تحدثُ تغيُّراتٌ كبيرةٌ في درجةِ الحرارة لأنّ البحرَ لا يَسْخُنُ ولا يَبْرُدُ بسُرعةٍ كاليابسة، فهو يمتَصُّ الحرارة صَيفًا ويُطلِقُها شِتاءً.

مُناخٌ صُغْرِيّ

المِساحاتُ الصغيرةُ قد تختَصُّ بمُناخٍ مُعيَّن يُسمّى مُناخًا صُغْرِيًّا. فمُعظَمُ المُدُنِ مُغطّاةٌ بكُتلةٍ هوائيَّةٍ دافئةٍ تُدعى «جزيرة حراريّة» أسخَنَ بحوالى ٦°س من الهواء خارجَ المدينة. هذه صورةٌ التقطها ساتِلٌ فضائيٌّ خاصٌّ لمدينة باريس، بفرنسا، تُبيِّنُ المساحاتِ الأكثرَ حرارةً بالأزرق والمناطِقَ الأبردَ بالأخضر.

المُناخُ الاستِوائيُّ المَداريّ

مَناطِقُ المُناخِ الاستِوائيِّ المَداريِّ تقعُ حَوْلَ خطِّ الاستواء في نِطاقِ خطَّي العَرض ١٠° شمالًا و ١٠° جنوبًا. طَقسُها حارٌّ دومًا - فتتراوحُ درجةُ الحرارة بين ٢٤° و ٢٧°س. وتُصيبُها نَوباتٌ مُنتظِمةٌ من المطرِ الغزيرِ على مَدار السَّنة، بحيثُ لا يَقِلُّ إجماليُّ التّساقُطِ عن ١٥٠سم. وهذه الظروفُ المُناخيّةُ مِثاليّةٌ للغاباتِ المَطيرة.



المُناخُ القُطْبيّ

مُناخُ الاسكا قُطبيٌّ باردٌ جدًا وجافٌ تصحَبُه رياحٌ قويّة، والشَّمسُ دومًا خفيضةٌ في الأفُقِ حتّى في مُنتصَفِ النهار. ترتفعُ درجةُ الحرارةِ صَيفًا بالقُربِ من السَّواحلِ إلى حوالى ١٠°س فقط، أمّا في الدّاخلِ فالبرودةُ أشدُّ بكثير.

المناطقُ التُّندراويّةُ المُناخ باردةٌ خفيضةٌ كميّةُ المطر، وصَيفُها قصير.

المُناخُ المَوسِميّ

في مَناطقِ المُناخِ المَوسميّ، تتغيَّرُ الفصولُ فَجأةً من رَطبةٍ إلى جافّة. ففي شمالِ غربِ الهِند تهُبُّ من الشّمالِ الشّرقيّ رياحٌ جافّةٌ بإطّراد بعيدًا عن البَرِّ على مَدى نِصفِ السَّنة. ثُمّ على مَدى نِصفِ السَّنةِ الآخَر تهُبُّ رياحُ البَحرِ من الجنوبِ الغربيّ حامِلةً أمطارًا غزيرة.

المُناخُ الصَّحراويّ

في مناطِقِ المُناخِ الصَّحراويّ تَقِلُّ كميَّةُ المَطرِ الساقِطِ سَنويًا عن ٢٥سم. ولا تُوجَدُ عادةً سحُبٌ تصُدُّ حرارةَ الشَّمسِ نهارًا أو تحْفَظُ الدِّفءَ لَيلًا. لِذا فالنهارُ حارٌّ جِدًّا (قد تبلغُ فيه درجةُ الحرارة ٥٢°س)، والليلُ باردٌ جدًّا. هٰذه صَحراءُ الأبراجِ الطبيعيّةِ في غَربِ أستراليا.

في مناطِقِ المُناخِ المُعتدلِ البارد يتساقطُ المطرُ على مدارِ السنة، ويكونُ الصيفُ حارًّا نوعًا والشتاءُ باردًا.

تصميمُ المَباني لِتُلائمَ الطَّقْس

يُشَيِّدُ الناسُ بيوتَهم لِتتلاءمَ معَ المُناخ. ففي أقصى الشَّمال، حيثُ المُناخُ مُثلِجٌ دائمًا، تُشادُ البيوتُ المُؤقَّتةُ من قِطَعِ الثلجِ والجَليد كأكواخِ الإسكيمو المُقبَّبة. وفي المُناخِ الحارّ، تُجعَلُ البيوتُ فسيحةً قليلةَ الجُدرانِ الداخليّةِ مِمّا يُيَسِّرُ دَورانَ الهواء. وفي المَناطقِ المَوسميّةِ تُشادُ البُيوتُ غالبًا مَرفوعةً على ركائزَ لِتفادي غَمْرِ المياه. وفي المُناخِ الصَّحراويّ، تُطلَى المباني باللونِ الأبيضِ لِيَعكسَ حرارةَ الشَّمس. وفي الأماكنِ المُثلِجةِ شتاءً تُجعَلُ سُقوفُ البُيوتِ شديدةَ الانحِدارِ كَي ينزلِقَ الثلجُ عنها بِسُهولة.

كوخٌ مُقبَّبٌ في الاسكا، بأمريكا الشماليّة

بيتٌ مَرفوعٌ على ركائزَ في الهِند، بآسيا

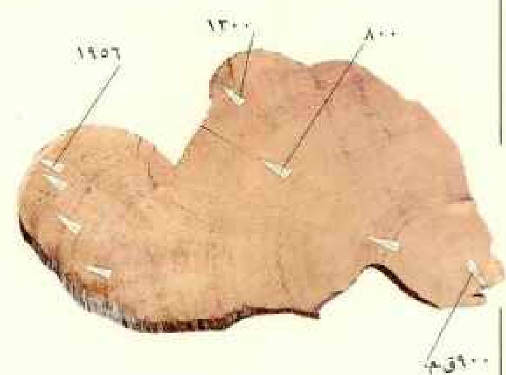
بيتٌ مطْليٌّ باللونِ الأبيضِ في مِصر، إفريقية

بيتٌ شديدُ انحدارِ السَّقفِ في سويسرا

لمزيد من المعلومات انْظر

المُناخاتُ المُتغيِّرة

مُناخاتُ العالَمِ دائمةُ التغيُّر. في الماضي، كانَ العالَمُ أحيانًا أكثرَ سُخُونةً مِمّا هو عليهِ اليومَ، وأحيانًا أكثرَ بُرودةً. فمُنذُ أكثرَ من ٦٥ مِليون سنةٍ، أيّامَ كانتِ الدينوصوراتُ تجوبُ الأرضَ، لم يكُنْ هنالكَ قلانِسُ جليديّةٌ قُطبيّةٌ، وكانتِ النباتاتُ المَداريّةُ تُغطّي ما هِيَ اليومَ مَناطِقُ مُعتدِلةٌ. وخِلالَ بعضِ الأوقاتِ في المِليونِ سنةِ الماضيةِ امتدّتِ المَثالِجُ الضّخمةُ والغِطاءاتُ الجليديّةُ من مناطِقِ القُطبَيْن لِتُغطّيَ مِساحاتٍ شاسِعةً من سَطحِ الأرض. وقد نكُونُ مُقبِلِينَ مُستقبَلًا على عَصرٍ جَليديٍّ، أو رُبّما مَداريٍّ، جديد - لأنَّ المُناخاتِ تتغيّرُ، لا طبيعيًّا فقط بل، بواسطةِ الأنشطةِ البَشريّةِ أيضًا.



دِراسةُ حَلَقاتِ النُّموّ في الشجر

يستطيعُ العُلماءُ دِراسةَ حَلَقاتِ النُّموِّ في الخشَبِ القديمِ لِتقصّي تغيُّرِ المُناخات، وهذا ما يُعرَفُ بعِلْمِ المُناخِ الشَّجريّ. فجُذوعُ أشجارِ الصّنوبَرِ الكاليفورنيِّ الهُلبيِّ الكبيرانِ تُبيِّنُ المُناخاتِ التي سادَتْ منذُ ٩٠٠٠ سنة حتى اليوم - فحلقةُ النُّموِّ السَّميكةُ تعني طَقسًا مُلائمًا لِنموِّ الأشجارِ في تلكَ السنة؛ فيما تَعني الحَلْقةُ الرَّفيعةُ طَقسًا باردًا جدًّا أو جافًّا جدًّا.



الجَليدُ الأقصى

العصرُ الجَليديُّ الأخيرُ كانَ في أوْجِهِ مُنذُ حوالَى ١٨٠٠٠ سنة. فامتدَّ الجليدُ من القُطبِ الشّماليِّ حتّى البُحيراتِ الكُبرى، في أمريكا الشماليّة، جنوبًا، كما غطّى مُعظمَ بريطانيا واسكنديناڤيا. وكانت هنالكَ كُتَلٌ جليديّةٌ أصغرُ في نِصفِ الكُرةِ الجنوبيّ.

العَصْرُ الجَليديُّ الكبير

يَعتقِدُ العُلماءُ أنّنا نعيشُ اليومَ في عصرٍ دافِئٍ بين عصرَيْن جَليديَّيْن. فخِلالَ عُصورٍ جليديّةٍ سالِفةٍ امتدّتِ الغِطاءاتُ الجليديّةُ فوق أمريكا الشماليّةِ وشَمالِ غَربِ أوروبا وروسيّا. ولَعلّها غطّتْ جرينلَند والقارّةَ القُطبيّةَ الجنوبيّةَ مُعظمَ الوقت، لكنْ بأقدارٍ مُتفاوِتة. ويُقدِّرُ بعضُ عُلماءِ المُناخ أنَّ الأرضَ شَهِدَتْ فتَراتِ دِفْءٍ فاصِلةً بين ١١ عصرًا جَليديًّا على الأقلِّ خِلالَ عَصْرٍ جليديٍّ كبيرٍ بدأَ منذ ٣ ملايين سنة.



الغِطاءُ الجَليديُّ اليومَ

يبدو لَنا الغِطاءُ الجليديُّ في وَقْتِنا الحاضِرِ عاديًّا بِامتِدادِه على مِساحاتٍ صغيرةٍ نِسبيًّا؛ لكنَّ الأرضَ، على مَدى تاريخِها الطويل، قلّما احتوتْ هٰذا القَدْرَ منه.



العَصْرُ الجليديُّ الصغير

العالَمُ كانَ أبردَ مِمّا هو علَيهِ اليومَ بشكلٍ مَلحوظٍ على مَدى مُعظمِ الألفِ سنةِ الماضية. فقد شهِدَ فترةً باردةً بينَ سنةِ ١٥٥٠ وسنةِ ١٨٠٠ عُرِفت بالعَصْرِ الجليديِّ الصغير. وفي أسوأ فصُولِ الشتاءِ الباردةِ في القرنَيْن السابعَ عَشَرَ والثامنَ عشَر، شَمِلَ التجمُّدُ حتّى نهرَ التيمز في لَندن، بإنكلترا، فأُقيمتْ معارِضُ الشتاءِ فوقَ النهرِ المُتجمِّد. وحتّى مُنذُ عهدٍ قريب، عامَ ١٨٩٥، تجمّدَ نهرُ التيمز جُزئيًّا، كما تُبيِّنُ صُورةُ جِسْرِ لَندن أعلاه. ومُنذئِذٍ، ارتفعَ مُعدَّلُ درجةِ حرارةِ العالَمِ بِنصفِ درجةِ سِلْسيوس (مئويّة).

جيمْس كرُول

العالِمُ البريطانيّ، جيمْس كرُول (١٨٢١-١٨٩٠) نَشأَ في پيرث باسكُتلَندا، وترَكَ المدرسةَ في سِنِّ الثالثةَ عشْرة، لكِنّه تابَعَ دراساتِه بنَفْسِه. وبَعْدَ أنْ تَقلّبَ في وَظائفَ عديدةٍ، عُيِّنَ عامَ ١٨٥٩، قيِّمًا لِلمُتحفِ الأندرسونيِّ في غْلاسكو، باسكُتلَندا؛ وفي عامِ ١٨٦٤، نشَرَ نظريّةً مَفادُها أنَّ العُصُورَ الجليديّةَ قد سَبّبتْها التّغيُّراتُ في مَيَلانِ مِحورِ الأرض وفي مَدارِها حَولَ الشّمْس. كما لحَظَ كرُول أنَّ هذه التغيُّراتِ، التي تعاقبَتْ على دَوراتٍ امتدّتْ آلافَ السِّنين، سبّبَتْ تغيُّراتٍ في تَساوُقِ الفصُول، وهذا بِدَورِه كانَ السببَ في دِفْءِ الأرضِ أو بُرُودتِها.

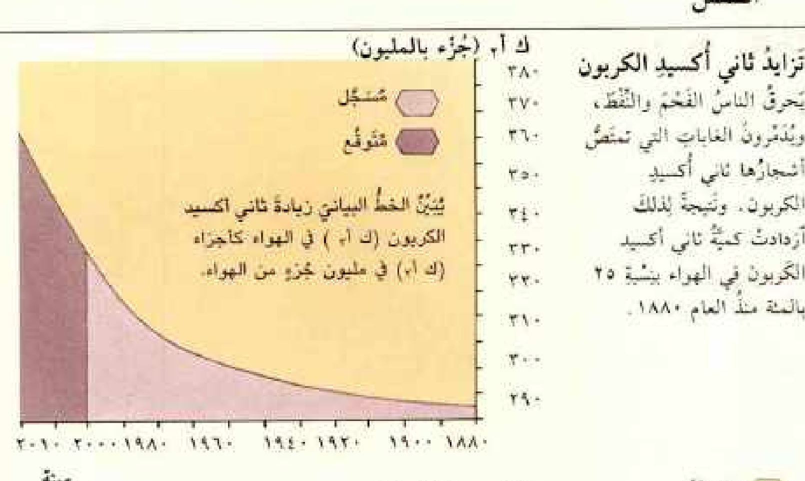


الثَّورانُ البُركانيّ

قد يتسبَّبُ ثورانُ البراكينِ في تغيُّرِ المُناخ؛ فالغُبارُ المَقذوفُ عاليًا يَبقى الكثيرُ منه في الجَوّ. عامَ ١٩٩١، ثارَ بُركانُ جبلِ بيناتوبو، في الفيليبين، قاذفًا سُحُبًا ضخمةً من المُلَوِّثات، في الهواء، انتشرَتْ حَولَ العالَمِ حاجبةً حرارةَ الشَّمس. فانخفضَ مُعدَّلُ درجةِ الحرارة في العالَمِ بِضعَ درجةٍ سِلْسيوس على مَدى بِضعةِ شُهور.

تزايُدُ ثاني أُكسيدِ الكربون

يَحرِقُ النّاسُ الفَحْمَ والنِّفْط، ويُدمِّرونَ الغاباتِ التي تمتصُّ أشجارُها ثاني أُكسيدِ الكربون. ونتيجةً لذلكَ ازدادتْ كميَّةُ ثاني أُكسيدِ الكربونِ في الهواءِ بنسبةِ ٢٥ بالمئة منذُ العام ١٨٨٠.



+ ٢°س

+ ١°س

+ ٣°س

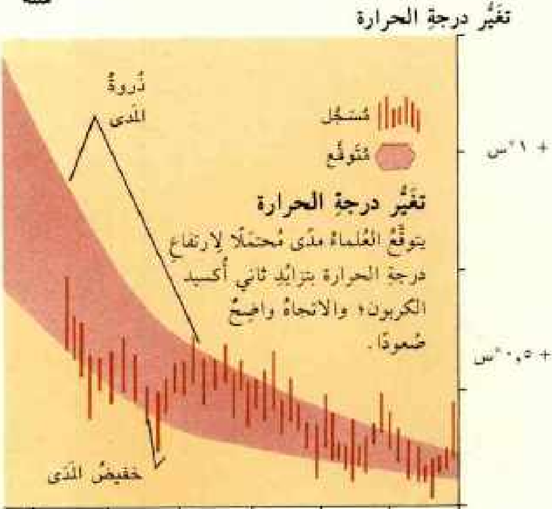
+ ٤ - ٥°س

لا تغيُّر

أمريكا الشمالية
أوروبا
آسيا
إفريقية
إندونيسيا
أمريكا الجنوبية
أستراليا
القارة القُطبيَّة الجنوبيَّة

الحُمُوُّ العالميّ

هنالكَ أسبابٌ طبيعيَّةٌ لِتَسخُّنِ جوِّ الأرض، لكنَّ النّاسَ أيضًا يُسهمونَ في الحُمُوِّ العالَميِّ بفَرْطِ إنتاجِهم ثاني أكسيدِ الكربونِ وغازاتٍ أُخرى تُعرَفُ بغازاتِ الدَّفيئات. هذه الغازاتُ تَحتَبِسُ الحرارة، وتمنعُها من أن تتسرَّبَ إلى الفضاء؛ فهي بذلكَ تعزِّزُ ظاهرةَ الدَّفيئات. وإذا لم يُكبَحْ اندفاقُ ثاني أكسيد الكربون وغازاتِ الدَّفيئاتِ الأُخرى في الجَوّ فسيَسخُنُ العالَمُ بسُرعة. ويُبيِّنُ التوقُّعُ الحاسوبيُّ المُقابِلُ زيادةَ درجاتِ الحرارة عامَ ٢٠١٠، بالمُقارَنةِ مع درجات الحرارة عام ١٩٥٠.



تغيُّر درجةِ الحرارة

يتوقَّعُ العُلماءُ مدًى مُحتمَلًا لِارتفاعِ درجةِ الحرارة بتزايُدِ ثاني أُكسيدِ الكربون؛ والاتجاهُ واضِحٌ صُعودًا.



يُبيِّنُ الخطُّ البيانيّ تغيُّراتِ مُستوى سطحِ البحر، بالمقارنة مع مُعدَّلِ أعوامِ السَّبعينيّات.

تغيُّراتُ مُستوى سطحِ البَحر

يَتوافقُ الارتفاعُ الإجماليُّ لِمُستوى سطحِ البَحرِ منذُ العام ١٨٨٠ معَ ارتفاعِ درجةِ الحرارة. وهذا يتوافقُ تمامًا مع مِقدارِ التمدُّدِ المُتوقَّعِ في طَبَقةِ المُحيطاتِ العُليا فيما لو سُخِّنَتْ بِضعَ درجةٍ سِلْسيوس.

شَواهِدُ المُناخاتِ الغابِرة

يَبيِّنُ المُناخُ الغابِرُ في هذه الجِداريَّةِ الكَهفيَّةِ القديمة التي تُظهِرُ مَواشيَ ترعى في الهَضْبةِ الجزائريَّة بإفريقية. وهذه المِنطقةُ صحراويَّةٌ حاليًّا. وعمليَّةُ التَّصحُّرِ هي في قِسْمٍ منها نتيجةٌ طبيعيَّةٌ لِتغيُّرِ المُناخ، كما إنَّ لِلأنشِطةِ البشريَّةِ دَورًا فيها أيضًا.



خطُّ السّاحلِ في فلوريدا حاليًّا.

ارتفاع ٣م في مُستوى سطحِ البحر.

أراضٍ تُغمَرُ مُستقبلًا

مناطقُ العالَمِ الخفيضةُ سيَغمُرُها الدَّمارُ الشامِلُ إذا ما استمرَّ الحُمُوُّ العالَميُّ وارتفاعُ مُستوى سطحِ البحر. ويُبيِّنُ التوقُّعُ الحاسوبيُّ المُقابِلُ تأثيرَ ارتفاعِ ٣م في مُستوى سَطحِ البحرِ على فلوريدا، بالولاياتِ المتحدة. ويُمكِنُ حُدوثُ ذلكَ خِلالَ المِئةِ السَّنةِ القادِمة.

لِمزيدٍ من المعلومات انظُر

تكوُّنُ الأرض ص ٢١٠
البراكين ص ٢١٦
الجليدُ والمثالجُ ص ٢٢٨
النُّمُوُّ ومَراحِلُه ص ٣٦٢
دوراتٌ في الغِلافِ الحَيَويّ ص ٣٧٢

الجوّ

الحَياةُ على كَوكَبِ الأَرضِ ما كانت مُمكِنةً بدونِ الجَوّ، فهو الغِلافُ الغازِيُّ الذي يَقِيها شَعَّ الشَّمْسِ ويُوفِّرُ ظُروفَ الحياةِ المُلائمةَ لِعَيْشِ الحيوانِ والنَّباتِ. الكَواكِبُ الأُخرى لها أجواءٌ أيضًا لكِنَّها مُختَلِفةٌ جِدًّا. فجَوُّ الزُّهَرَةِ كَثيفٌ ثقيلٌ يزيدُ ضغطُه مِئةَ مرَّةٍ عنِ الضغطِ الجَوِّي على الأرضِ. وتَلُفُّ جَوَّ الزُّهَرةِ سُحُبٌ كثيفةٌ تزيدُ من قُدرتِه على احتِباسِ حرارةِ الشَّمْسِ فتصِلُ درجةُ الحرارة إلى ٤٨٠°س، مِمّا يجعلُ تواجُدَ الماءِ في حالةِ السيولةِ مَعدومًا. بالمُقارنة، فإنَّ جَوَّ المرِّيخِ رقيقٌ (ضغطُه جُزْءٌ في المئة من الضغط الجوّيِّ على الأرض) فلا يُعيقُ شَعَّ الحرارةِ التي تصِله، على قِلَّتِها، بسببِ بُعدِ الكوكب، فتهبطُ درجةُ الحرارة إلى - ١٢٠°س، مِمّا يستحيلُ معه تواجُدُ الماءِ سائلًا. وهكذا يُلاحَظُ أنَّ الظروفَ المُتوافرةَ في جوِّ الأرض، وهي وَسَطٌ بين الظروف على المِرّيخ وعلى الزُّهَرَة، هي الظروفُ المِثاليَّةُ لِلحياة كما نعرِفُها.

تصويرُ الأرضِ من الفَضاء

تستطيعُ السَّواتِلُ الفضائيَّةُ ٱلتِقاطَ صُوَرٍ لِلأرض بثلاثةِ أطوالٍ مَوجيَّةٍ مُختلِفةٍ في الوقت نفسِه، فالصُّوَرُ بالأشِعة دُونَ الحمراء تُبيِّنُ تغيُّراتِ درجةِ الحرارة - بالأسوَد والأزرَق والأحمَر والأبيض، من الحارِّ إلى البارد. وتُبيِّنُ الصُّوَرُ العاديَّةُ اليابسَةَ والبِحار، كما تُبيِّنُ صُوَرٌ أخرى كمِّيَّةَ بُخارِ الماء في الهواء.

الغلافُ الجويُّ الخارجيّ (الإكسوسفير)

طبَقاتُ الجَوّ

يتألَّفُ الجَوُّ من خَمْسِ طبَقاتٍ رئيسيَّةٍ هي: الغِلافُ السُّفليّ (التروپُوسفير)، والغِلافُ الطبَقيّ (الستراتُوسفير)، والغِلافُ المتوسِّط (الميزوسفير) والغِلافُ الحراريّ (الثِّرمُوسفير)، والغِلافُ الخارجيّ (الإكسُوسفير). ويَخِفُّ الهواءُ بالارتفاع، لِذا يتزوَّدُ مُتسلِّقو الجبالِ العاليةِ بالأكسجين للتنفُّس. فالغِلافُ الجويُّ السُّفليُّ هو الطبقةُ الوحيدةُ التي تستطيعُ الكائناتُ الحيَّةُ التنفُّسَ فيها طبيعيًّا.

الإكسُوسفير

ترتفعُ طبقةُ الغِلافِ الجويّ الخارجيّ قُرابةَ ٩٠٠كم فوق سطحِ الأرض. والهواءُ فيها رقيقٌ قليلُ الكثافةِ جدًّا، وتَنتشِرُ جُزَيئاتُ الغازِ منه بالإفلات نحوَ الفضاءِ الخارجيّ.

الثِّرمُوسفير

يرتفعُ أعلى الثِّرمُوسفير حوالى ٤٥٠كم فوقَ سطحِ الأرض. وهذه الطبقةُ هي الأشدُّ حرارةً، لأنَّ جُزَيئاتِ الهواءِ القليلةَ فيها تمتصُّ الإشعاعَ الوارِدَ من الشَّمْس، فتبلُغ درجةُ الحرارة في أعلاها ٢٠٠٠°س.

المِيزُوسفير

يرتفعُ أعلى الميزوسفير قُرابةَ ٨٠كم فوقَ سطحِ الأرض. وتهبِطُ درجةُ الحرارةِ في الميزوسفير إلى ما دُونَ -١٠٠°س وهي أسخَنُ في قِسْمِها السُّفليّ لأنَّه يكتسِبُ حرارةً من الستراتُوسفير أدناه.



نِطاقٌ حَوْلَ الأرض

هذه الصورةُ المُلتقَطةُ من الفضاءِ عِندَ غُروبِ الشَّمْس، تُبيِّنُ نُطُقَ الهواءِ المُتباينةَ الارتفاع (والمختلفةَ الكثافة)؛ كما تُبيِّنُ ضِيقَ نِطاقِ الغِلافِ الجَوّيِّ بمختلِفِ أقسامِه نِسْبيًّا.



الستراتُوسفير

يمتدُّ الستراتوسفير إلى ارتفاعٍ يُقارِبُ ٥٠كم فوقَ سطحِ الأرض. وتتراوحُ درجةُ الحرارة في هذه الطبقةِ من حوالى -٦٠°س في أسفلِها إلى ما فوقَ درجةِ التجمُّدِ بقليل في قِسْمِها العُلْويّ. ويَشتمِلُ الستراتوسفير على طبقةٍ من غازِ الأوزون تمتصُّ الأشِعَّةَ فوقَ البَنَفسَجيَّةَ المُؤذيةَ من شَعِّ الشَّمْس. وبِفِعْلِ التلوُّثِ المُتزايد أحدثَ تظهرُ ثقوبٌ في طبقةِ الأوزون هذه.

التروپُوسفير

الظُّروفُ والأحوالُ الجويَّةُ تَحْدُثُ في طبقةِ الغِلاف السُّفليّ المعروفة بالتروپُوسفير. وتمتدُّ هذه الطبقةُ ارتفاعًا حتى ٢٠كم فوقَ سطحِ الأرض عند خطِّ الاستواء، وحوالى ١٠كم عند القُطبَيْن. وتتركَّزُ فيها ٩٠٪ من كُتلةِ الغِلاف الجوي كُلِّه.

ارتِفاعُ الغِلافِ الجوِّي

يمتدُّ الغِلافُ الجوِّيُّ صُعُدًا فوقَ سَمْتِ الرأس حوالى ١٠٠٠كم. وقد يبدو ذلك كثيرًا لِلوَهْلةِ الأولى. لكِنَّه ليسَ كذلك بالمُقارنة حتى مع المسافاتِ على سطحِ الأرض. فالمُنطلِقُ في سيَّارةِ سِباقٍ يقطعُ مِثْلَ هذه المسافةِ في بِضْعِ ساعات، وفي مِثلِ هذا الوقتِ تستطيعُ أنتَ المَشْيَ مسافةً أكثرَ من ارتفاعِ التروپُوسفير.

١٠٠٠كم

١٠٠٠كم

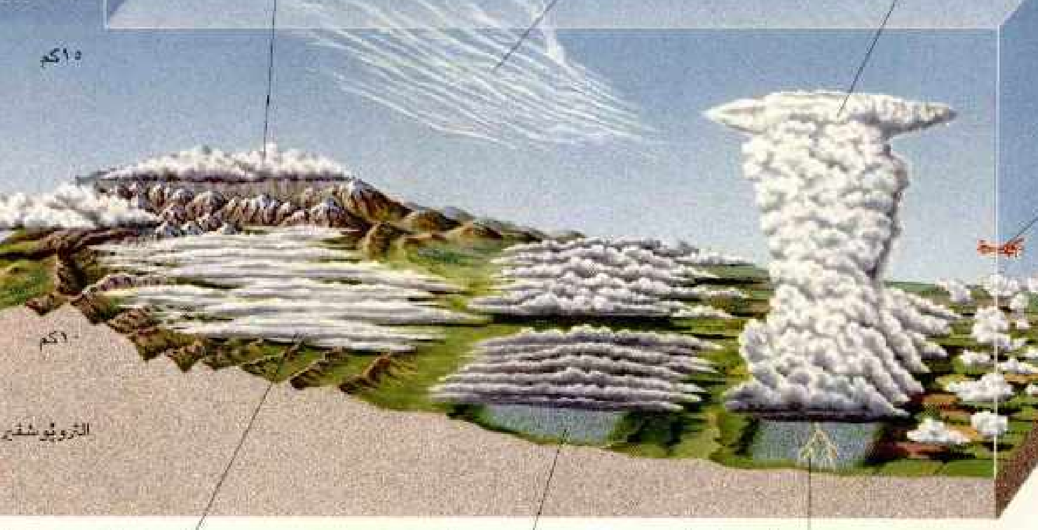
طبقةُ الطَّقْس

يُسمّى الغِلافُ الجَويُّ (التروبُوسْفير) أحيانًا طبقةَ الطَّقْس. فهو الطبقةُ التي يَحدُثُ فيها الحَمْلُ الحراريّ - حيث يرتفِعُ الهواءُ السَّاخِنُ ويهبِطُ الهواءُ البارِدُ لِيَحُلَّ مَحلَّه. كما تتكَوَّنُ السُّحُبُ في هذه الطبقةِ أيضًا، حاملةً معَها الأمطارَ والثلوجَ. وتُحتبَسُ السُّحُبُ في التروبُوسفير لأنَّ الغلافَ الطبقيَّ (الستراتوسفير) فوقَه أسخَنُ، فيشَكِّلُ غِطاءً له. أمّا درجةُ حرارة التروبُوسفير فتهبِطُ من مُعَدَّلِ ١٥°س في أسفلِه (سطح الأرض) إلى -٦٠°س في أعلاه المُسَمّى التروبُوبوز (منطقةَ الرُّكود).

جيمْس چليشَر



كانَ المُنْطاديُّ الإنكليزيّ، جيمس چليشَر (١٨٠٩-١٩٠٣) من المُهتمّين بدراسة الجَوّ أيضًا. وقد صعِدَ بصُحْبةِ هِنري كوكسويل في مُنطادٍ إلى أعالي التروبُوسْفير فأكتشفا تناقُص درجةِ الحرارة بالارتفاع - درجة لِكُلِّ ارتفاعِ ١٥٠م. وفي إحدى طَلعاتِه المُنطاديَّة أُغميَ على چليشَر لأنَّه لم يكُنْ مُزَوَّدًا بجهازِ أكسجين لِلتنفُّس ولا ببِزَّةٍ مُكَيَّفة. وفي العام ١٨٤٨، بدأ چليشَر يُعِدُّ النشرةَ الجويَّةَ لجريدة «الديلي نيوز» اللندنيَّة للمَرَّةِ الأولى في أوروبا؛ كما أعَدَّ أيضًا بعضَ جداولِ الطَّقْس اليوميَّةِ الأولى.



لمزيد من المعلومات انْظُر

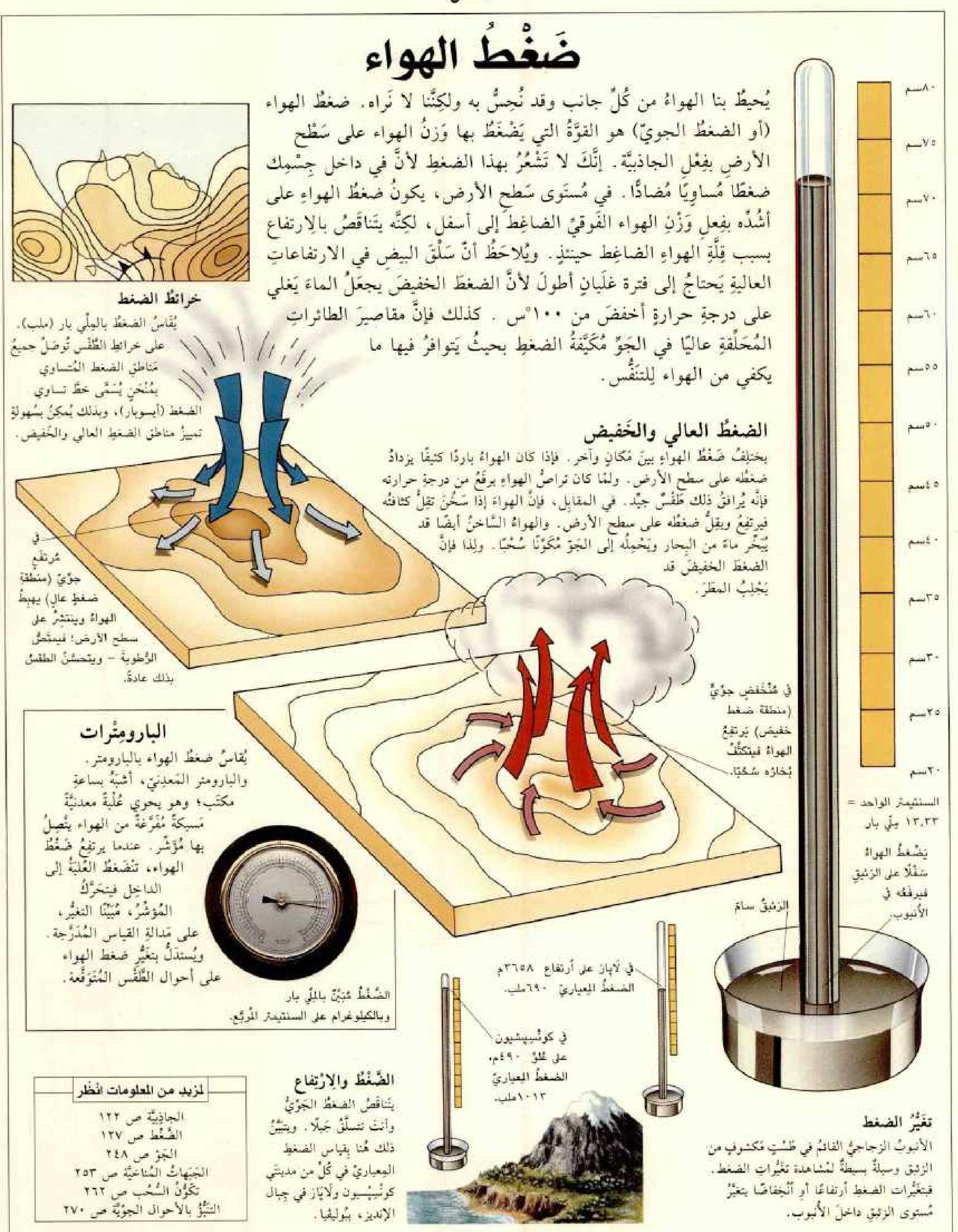
كيمياءُ الهواء ص ٧٤
انتِقالُ الحرارة ص ١٤٢
السُّحُب ص ٢٦٠
تكَوُّنُ السُّحُب ص ٢٦٢
التنبُّؤ بالأحوال الجويَّة ص ٢٧٠
عُطارِد والزُّهَرة ص ٢٨٦
المِرّيخ ص ٢٨٩
دوراتٌ في الغلافِ الحَيَوِيّ ص ٣٧٢
البَشَرُ وكوكبُهم ص ٣٧٤

تلَوُّثُ الهواء



تُبيِّنُ أشِعَّةُ الشَّمْس المُشِعَّةُ عَبْرَ هذه النافذةِ في كاتِدرائيَّةِ القدّيس بطرس في روما، بإيطاليا، أنَّ الهواءَ يَزخَرُ بجُسَيمات الغبارِ والأوساخ التي لا تُشاهَدُ في مُعظَمِ الأوقات. ولو تُعلِّقُ منديلًا أبيضَ نظيفًا خارجَ نافِذتِك في يومٍ غائمٍ هادئٍ جافٍّ ثمّ تتفحَّصه بعْدَ عِدَّةِ ساعات، ستجِدُ أنَّ المنديلَ قد اتّسَخَ بتَعليقِه خارجًا - بخاصَّةٍ إذا كُنْتَ في مَدينةٍ صِناعيَّة. فدُخانُ المصانعِ وأدخِنةُ السيّاراتِ تُلوِّثُ الجَوَّ؛ وأحيانًا تُحتَبَسُ بعضُ المُلوِّثاتِ في الطبقةِ المُتاخِمةِ لِلأرض فتُسَبِّبُ لِلناسِ مَشاكلَ في التنفُّسِ والتهاباتٍ في العُيون.

ضَغْطُ الهواء



يُحيطُ بنا الهواءُ من كُلِّ جانب وقد نُحِسُّ به ولكِنَّنا لا نَراه. ضَغْطُ الهواء (أو الضغطُ الجويّ) هو القوَّةُ التي يَضْغَطُ بها وَزنُ الهواء على سَطْحِ الأرضِ بِفِعْلِ الجاذبيَّة. إنَّكَ لا تَشْعُرُ بهذا الضغطِ لأنَّ في داخلِ جِسْمِك ضغطًا مُساوِيًا مُضادًّا. في مُستَوى سَطحِ الأرض، يكونُ ضغطُ الهواءِ على أشُدِّه بفِعلِ وَزْنِ الهواء الفَوقيِّ الضاغِطِ إلى أسفل، لكِنَّه يَتناقَصُ بالإرتفاع بسببِ قِلَّةِ الهواءِ الضاغِطِ حينئذٍ. ويُلاحَظُ أنَّ سَلْقَ البيضِ في الارتفاعاتِ العاليةِ يَحتاجُ إلى فترةِ غلَيانٍ أطولَ لأنَّ الضغطَ الخفيضَ يجعَلُ الماءَ يَغلي على درجةِ حرارةٍ أخفضَ من ١٠٠°س. كذلك فإنَّ مقاصيرَ الطائراتِ المُحلِّقةِ عاليًا في الجَوِّ مُكَيَّفةُ الضغطِ بحيثُ يَتوافرُ فيها ما يكفي من الهواء لِلتنفُّس.

الضغطُ العالي والخَفيض

يختلِفُ ضَغْطُ الهواءِ بينَ مَكانٍ وآخر. فإذا كان الهواءُ باردًا كثيفًا يزدادُ ضغطُه على سطحِ الأرض. ولمّا كان تراصُّ الهواءِ برقعُ من درجةِ حرارته فإنَّه يُرافِقُ ذلك طَقسٌ جيِّد. في المقابِل، فإنَّ الهواءَ إذا سَخُنَ تقِلُّ كثافتُه فيرتفِعُ ويقِلُّ ضغطُه على سطحِ الأرض. والهواءُ السّاخنُ أيضًا قد يُبخِّر ماءً من البِحار ويَحمِلُه إلى الجَوِّ مُكَوِّنًا سُحُبًا. ولِذا فإنَّ الضغطَ الخفيضَ قد يَجلِبُ المطَر.

خرائطُ الضغط

يُقاسُ الضغطُ بالمِلّي بار (ملب). على خرائطِ الطَّقسِ تُوصَلُ جميعُ مَناطقِ الضغطِ المُتساوي بمُنْحنٍ يُسَمّى خطَّ تساوي الضغط (أيسوبار)، وبذلك يُمكِنُ بسُهولةٍ تمييزُ مناطقِ الضغطِ العالي والخَفيض.

البارومِتْرات

يُقاسُ ضغطُ الهواء بالبارومتر. والبارومتر المَعدِنيّ، أشبَهُ بساعةِ مكتَب؛ وهو يحوي عُلبةً معدنيَّةً مَسيكةً مُفرَّغةً من الهواء يتَّصِلُ بها مُؤَشِّر. عندما يرتفِعُ ضَغْطُ الهواء، تنضغطُ العُلبةُ إلى الداخِلِ فيتحَرَّكُ المُؤشِّرُ، مُبيِّنًا التغيُّر، على مَدالةِ القِياسِ المُدرَّجة. ويُستدَلُّ بتغيُّرِ ضغطِ الهواء على أحوالِ الطَّقسِ المُتوقَّعة.

الضَّغطُ مُبيَّنٌ بالمِلّي بار وبالكيلوغرام على السنتيمتر المُربَّع.

تغَيُّرُ الضغط

الأنبوبُ الزجاجيُّ القائمُ في طَسْتٍ مَكشوفٍ من الزئبقِ وسيلةٌ بسيطةٌ لمُشاهدةِ تغيُّراتِ الضغط. فبتغيُّراتِ الضغطِ ارتفاعًا أو انخفاضًا يتغيَّرُ مُستوى الزئبقِ داخلَ الأنبوب.

الضَّغْطُ والإرْتفاع

يتناقَصُ الضغطُ الجَوِّيُّ وأنتَ تتسلَّقُ جبلًا. ويتبيَّنُ ذلك هُنا بِقِياسِ الضغطِ المِعياريِّ في كُلٍّ من مدينتَي كونْسِپسيون ولاپاز في جبالِ الأنديز، بوليفيا.

لمزيد من المعلومات انظر

الجاذِبيَّة ص ١٢٢
الضَّغْط ص ١٢٧
الجَوّ ص ٢٤٨
الجَبهاتُ المُناخيَّة ص ٢٥٣
تكوُّنُ السُّحُب ص ٢٦٢
التنبُّؤ بالأحوال الجوِّيَّة ص ٢٧٠

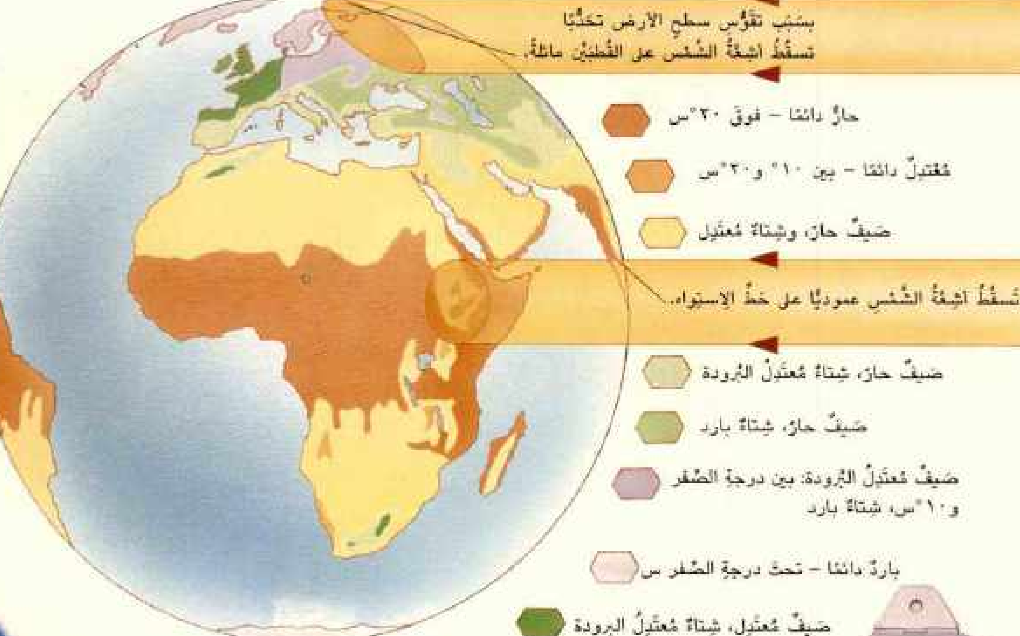
دَرَجاتُ الحرارة

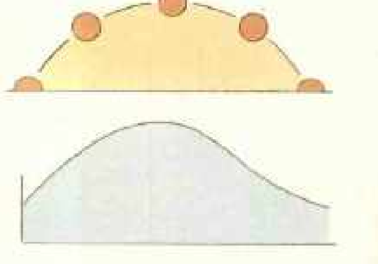
تَختلِفُ مَناطقُ الأرضِ بين حارَّةٍ وبارِدة. فمثلًا يبلغُ مُعَدَّلُ دَرَجاتِ الحرارة ٣٤°س في دَللول بالحَبَشة؛ فيما يبلغُ - ٥٦°س في مركز پلاتُو لِلأبحاث بالقارَّة القُطبيَّةِ الجَنوبيَّة. وتَبْلُغُ درجاتُ الحرارة دائمًا حَدَّها الأَقْصَى في مَناطِقِ خَطِّ الإستواء، بخاصَّةٍ حيثُ تنعَدِمُ السُّحُبُ فتصِلُ حرارةُ الشَّمْسِ إلى الأرض دونَ عائق. بينما تَبلُغُ حَدَّها الأدنى في المناطقِ البعيدةِ عن خطِّ الإستواء، وأيضًا حيث تَنعدِمُ السُّحُبُ فتُفلِتُ الحرارةُ بِسُهولةٍ إلى الفضاء. وتعتمِدُ درجةُ الحرارة أيضًا عكسيًّا على بَياضِ المَوقع، وهُو مُعدَّلُ ما يعكسُه سَطحُه من شَعِّ الشَّمْسِ الواقِعِ عليه. فمناطِقُ الثلج والجليدِ العاليةُ البياض تعكِسُ الإشعاعَ الشَّمْسيَّ إلى الفضاء، فتَبْقَى درجاتُ حرارتِها خَفيضةً؛ فيما تمتَصُّ الأراضي الجَرداءُ والغاباتُ مَزيدًا من الإشعاعِ فتَبْقَى دَفيئةً حارَّة.



درجةُ الحرارة الأعلى

أعلى درجةِ حرارةٍ سُجِّلتْ حتّى اليوم كانت في العَزيزيَّة، بليبيا على مَقرُبَةٍ من الصحراءِ الكُبْرى، وبلغَتْ ٥٨°س في الظِّلّ.





تغيُّراتُ دَرَجات الحرارة

تتغيَّرُ دَرجاتُ الحرارةِ خِلالَ ساعاتِ اليوم الأربع والعشرين، فتكُونُ خفيضةً لَيْلًا وعالية نَهارًا. وفي المناطِقِ الواقعةِ بين خطِّ الاستِواء والقُطبَيْن قد يَبْلُغُ مَدى التغيُّرِ اليوميّ في درجات الحرارة ١٠°س.



أبردُ مكانٍ على الأرض

أدْنَى ما سُجِّلَ من درجاتِ الحرارة على سَطح الأرض كان في مَركزِ فُوستُوك بالقارَّةِ القطبيَّةِ الجنوبيَّة، حيثُ بلغتْ - ٨٩°س في تمُّوز (يوليو) عام ١٩٨٣، وهي أبردُ بكثيرٍ من درجةِ حرارةِ المُجمِّدات في بُيوتنا.

تَلَقِّي حَرارةِ الشَّمْس

تختلِفُ درجاتُ الحرارةِ حَوْلَ العالَم نتيجةً لِطريقةِ سُقوطِ أشِعَّةِ الشَّمْسِ على السَّطح. ففي مناطِقِ خطِّ الاستِواء تَسقُطُ أشِعَّةُ الشَّمْسِ عموديًّا على سَطحِ الأرض - فتكونُ تلكَ المناطقُ حارَّةً عادةً. أمّا في مناطقِ القُطبَيْن، فتسقُطُ أشِعَّةُ الشَّمْسِ على الأرض مُنسطِحةَ المَيل فتَنتَشِرُ حرارتُها.



دَرَجاتُ حرارة الهواء

تَسخُنُ الأرضُ بِشَعِّ الشَّمْسِ الساقِطِ عليها؛ لكِنَّ الهواءَ يَسْخُنُ بالحرارة الصاعِدةِ من سَطحِ الأرض. لذا تكونُ قِمَّةُ الجبلِ دائمًا أبردَ من قاعِدته - كما يَتبيَّنُ من مُعدَّلَي درجاتِ الحرارة لِشهر حَزيران في لاپاز وكونسِپسيون، بِبُوليفيا.



يُحرِّكُ السائلُ الصاعِدُ في كُلِّ أُنبوبٍ مُؤشِّرًا يبقى على درجةِ الحرارةِ القُصوى أو الدُّنيا التي يَصِلُ إليها.

موازينُ الحرارة (الترمومترات)

يجبُ أن تُقاسَ درجةُ الحرارة دائمًا في الظِّلّ. فتغيُّرُ درجةِ الحرارةِ اليوميَّةِ يُمكِنُ قياسُه بمقياسِ نِهايَتَي الحرارةِ العُظمى والصُّغرى، الذي يُبيِّنُ دَرجَتَي الحرارة القُصوى والدُّنيا لِذلِكَ اليوم.

لمزيد من المعلومات انظر

إنتِقالُ الحرارة ص ١٤٢
الفُصُول ص ٢٤٣
المُناخ ص ٢٤٤
رَصْدُ الطَّقس ص ٢٧٢
مناطِقُ القُطبَيْن والتَّندرا ص ٣٨٢
الصَّحارَى ص ٣٩٠
حقائقُ ومَعلومات ص ٤١٦

الرُّطوبَة

نَقولُ إنَّ الطَّقسَ رَطْبٌ عندما يَحْوي الهواءُ وَفْرةً من بُخارِ الماء؛ وتَزدادُ بِسُخونةِ الهواءِ قُدرتُهُ على حَمْلِ الرُّطوبة. ومَتى عجِزَ الهواءُ عن حَمْلِ المزيدِ من بُخار الماء، تَكونُ نِسْبَةُ الرُّطوبة فيه عندئذٍ ١٠٠ بالمئة؛ فيأخُذُ البُخارُ بالتكاثُفِ مُكوِّنًا السُّحُبَ والضَّبابَ والمطَر.

يَجودُ نمُوُّ النباتِ في أجواءِ الرُّطوبةِ العالية، لكِنَّ هذه تُضايِقُ الإنسانَ إذْ يتعذَّرُ تبخُّرُ العَرَقِ لِتبريدِ الجِسْم. والرُّطوبةُ الخفيضةُ تُلائمُ الإنسانَ لكِنَّها تُعيقُ نماءَ الزُّروع. يُمَيِّزُ العُلماءُ بينَ الرُّطوبة، وهي كمِّيَّةُ بُخارِ الماء الموجودةُ في الهواء وبينَ الرُّطوبة النِّسبيَّة، وهي كميَّةُ البُخار الموجودة في الهواء مَنسُوبةً إلى الكميَّةِ القُصوى من البُخار التي يُمكِنُ أن يحملَها الهواءُ في دَرَجةِ الحرارة تلك.



التكيُّفُ مع الرُّطوبة

العَمَلُ الشاقُّ مُنهِكٌ في الجوِّ الرَّطْبِ بخاصَّةٍ لمن لم يتعوَّدْهُ، لأنَّه يتعذَّرُ تبريدُ الجِسْم (بالتعرُّق) في الهواء الرَّطْب. لكِنْ بالتمرين والمُمارسةِ يُصبِحُ الجِسْمُ أكثرَ فَعاليَّةً واحتمالًا. لقد دَأَبَت الرياضيَّةُ البريطانيَّة، إيفون مُوري، على التدرُّب في دَفيئةٍ حيثُ الرُّطوبةُ عاليةٌ؛ استعدادًا للمُشاركة في مُباراة البُطولاتِ العالميَّة في طوكيو، باليابان، حيثُ الرُّطوبةُ أكثرُ بكثيرٍ مِمّا هي عليه في بريطانيا.

الشَّعْرةُ المَجدُولةُ داخِلَ بيتِ المِرطابِ تمتَطُّ في الطَّقسِ الرَّطْبِ وتتقلَّصُ في الطَّقسِ الجافّ؛ فتُديرُ قُرصًا دوّارًا.

المَرأةُ خارجَ بيْتِ المِرطابِ في الجوِّ الخفيضِ الرُّطوبة.

على القُرصِ الدوّارِ دُميتانِ على شكلِ رَجُلٍ وامرأة. في الأجواءِ الرَّطْبةِ تشتدُّ الشَّعْرةُ المُلتفَّةُ بدَورانِ القُرصِ فيظهَرُ الرجُل. وفي الجوِّ الجافِّ تتقلَّصُ الشَّعْرةُ وتَشُدُّ القُرصَ فتظهَرُ المَرأة.



فِرديناند الثاني

كانَ دوقُ تُسكانيا، فِرديناندو دي ميديتشي (١٦١٠-١٦٧٠)، عالِمًا ومُخترِعًا إيطاليًّا يعمَلُ مع غاليليو. فاخترعَ عام ١٦٥٥ مِرطابَ التكاثُف - وتُحسَبُ به رُطوبةُ الهواء بقِياس كميَّةِ النَّدى المُتكاثِفِ على سطحٍ بارد. كما اخترعَ أيضًا مِيزانَ الحرارة (الترْمومتر) الحديثَ ذا الأُنبوبِ الزُّجاجيِّ المسدود بطريقةٍ خاصَّةٍ تَضْمَنُ عدمَ تأثيرِ الضغطِ الجوِّيِّ على نتائجِ قِراءاته.

قِياسُ الرُّطوبَة

تُقاسُ كميَّةُ الرُّطوبةِ في الهواء بواسطةِ المِرطاب (الهيْجرومتر)؛ ويُعرَفُ من هذا المقياسِ أنواعٌ مُختلفةٌ - كان أوَّلُها إسفنجةً تمتَصُّ الماءَ من الهواء الرَّطْبِ فتُصبحُ أثقل. أمّا بيتُ الطَّقسِ فهو مِرطابٌ بسيطٌ يُبيِّنُ رطوبةَ الطقسِ بامتِطاطِ شَعْرةٍ في داخِله. (بين الجَفافِ والإشباعِ يزدادُ طُولُ الشَّعْرة ٣٪).

تزدهِرُ الزِراعةُ في المناطقِ ذاتِ الرُّطوبةِ المُتوسِّطة كبريطانيا وحوضِ البحرِ المتوسِّط.

الزِراعةُ عَسيرةٌ في الصَّحارى، كهذه الصحراءِ في شِبهِ جزيرةِ العرب، لِشُحِّ الماءِ فيها للنَّاسِ والمَواشي والزُّروع.

لمزيدٍ من المعلوماتِ انْظُر

يَغْزُرُ المطَرُ في المناطِقِ ذاتِ الرُّطوبةِ العالية، فيُوفِّرُ ظُروفًا مِثاليَّةً لِنُموِّ النباتات، كهذِه الغابةِ المَطيرةِ في جزيرة غرْنادا.

تأثيراتُ الرُّطوبة

بُخارُ الماءِ في الهواء مُهِمٌّ وضَروريٌّ لِبَقاءِ الحياة؛ فحيثُ تنخفِضُ الرُّطوبةُ إلى أقلَّ من ١٠ بالمئة تكونُ الصَّحارى. أحيانًا تَنْحبِسُ الأمطارُ المُعتادةُ عن مِنطقةٍ، وقد يتعرَّضُ سكّانُها للمَجاعة. في المُقابِل، تنمو الأدغالُ بكثافةٍ حيثُ الرُّطوبةُ مُرتفِعة.

الجَبهاتُ المُناخيَّة

طَقسُ العالَـمِ المُتبايِنُ حَوْلَ الأرض تَحكُمُه مَنظوماتٌ جَوِّيَّةٌ مُدَوِّمةٌ ضَخْمةٌ تُعرَفُ بالمُرتَفعاتِ والمُنْخَفضات الجَويَّة - أي مَناطِقِ الضغطِ العالي والخَفيض. فمَناطقُ الضغطِ العالي (مُضادَّةُ الأعاصير) تتكَوَّنُ بالهواءِ الهابِط، وتتحَرَّكُ بِبُطءٍ يَستقِرُّ به الطَّقسُ. وهذا الهواءُ الجافُّ يجعلُ الطقسَ جافًّا وحارًّا في الصيف، وبارِدًا صافيًا في الشتاء. أمّا مناطقُ الضغطِ الخَفيض، المَعروفةُ بالمُنْخَفضاتِ الجَوِّية، فسَبَبُها الهواءُ الصاعِد؛ ويُحدِثُ هواؤها الرَّطْبُ سُحُبًا ومَطَرًا، ورُبَّما ثَلْجًا. ويتكَوَّنُ المُنخفَضُ الجويُّ بتصادُمِ نِطاقٍ من الهواءِ السَّاخِنِ مع آخَرَ من الهواءِ البارد، فيَتدافعانِ دونَ أن يَمْتَزِجا. فتتكَوَّنُ الجَبهاتُ عند حُدودِ الكُتَلِ الهوائيَّة ويُصبحُ الطَّقسُ غيرَ مُستقِرٍّ. وقد يبلُغُ عَرضُ المُنخَفَضِ الضغطيِّ مِئاتِ الكيلومترات، لكِنَّه غالبًا ما يَعبُرُ الأجواءَ في أقَلَّ من ٢٤ ساعة. عادةً، الجبهةُ الدافئةُ هي التي تَصِلُ أوَّلًا؛ وبعدَ عُبورِها تأتي الجَبْهَةُ الباردةُ في إثْرِها.



حُلولُ جَبْهَةٍ باردة
تَجلِبُ الجبهةُ الباردةُ سُحُبًا ومَطرًا عندَ حُلولِها وقد يُرافِقُ ذلك عَصفاتُ ريحٍ قويَّةٌ بشكلِ عواصِفَ أو زوابعَ عنيفةٍ.

حُلولُ جَبْهَةٍ دافئة
لا يَتغيَّرُ الطَّقسُ في البِداية عند حُلولِ الجَبْهَةِ الدافئة وتبدو أوَّلُ دَلائلِ التغيُّرِ بظُهورِ سُحبٍ سِمحاقيةٍ رقيقةٍ في أعالي الجوّ يَليها رَذاذٌ خفيفٌ.

سِمْحاق (سَحابٌ رقيق)

جَبْهَةٌ دافِئة
هواءٌ ساخِن
سُحُبٌ كثيفة مُمطِرة
هذا المُنخفَضُ الضَّغطيُّ سائرٌ من اليَمين إلى اليَسار.
هواءٌ بارد
يتساقطُ المَطرُ خلفَ الجَبْهة

الجَبهاتُ الدافِئة
يَتبَعُ الجَبْهَةَ الدافئة هواءٌ ساخِنٌ رَطْبٌ يرتفِعُ فوقَ الهواءِ البارد ويُكَوِّنُ سُحُبًا على أمتِدادِ الجَبْهة. بَعْدَ عُبورِ الجبهةِ الدافئة يَسُودُ طقسٌ جافٌّ قَبْلَ وُصولِ الجَبْهةِ الباردة.

جَبْهَةٌ باردة
هواءٌ بارد
هواءٌ ساخِن
مَطرٌ غزيرٌ على أمتِدادِ الجبهة
زَخّاتُ المَطر

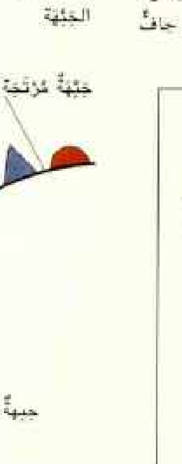


جَبْهَةٌ مُرتَجة

جافٌّ حارٌّ مَداريٌّ قارّيّ	جافٌّ باردٌ قُطبيٌّ قارّيّ
رَطْبٌ دافِئٌ مَداريٌّ بَحريّ	رَطْبٌ باردٌ قُطبيٌّ بَحريّ

الكُتَلُ الهوائيَّة
تتكَوَّنُ فوقَ أقسامٍ مُختلفةٍ من الأرض أربعُ كُتَلٍ هوائيَّةٍ رئيسيَّة؛ وَهي تؤثِّرُ في طقسِ المناطقِ التي تَقعُ فوقها. تسوقُ الرِّياحُ تلكَ الكُتَل؛ وحيثُ تَتلاقى هذه الكُتَلُ وتتزاحمُ يكونُ الطَّقسُ مُتقلِّبًا جدًّا.

الجَبهاتُ الباردة
الجَبْهةُ الباردة وراءَها هواءٌ باردٌ، وهي أكثرُ أنحدارًا من الجبهة الدافئة. يندفِعُ الهواءُ الباردُ تحتَ الهواءِ السّاخن، فيرتفِعُ بُخارُ الماء ويتكثَّفُ سُحُبًا وأمطارًا. ومعَ أنخفاضِ ضَغطِ الهواء تشتدُّ الرِّياح. ويَعْقُبُ تَقدُّمَ الجبهةِ غالبًا زَخّاتُ المطرِ من السُّحبِ المَطيرةِ المُتقاطِرةِ خلفَها.



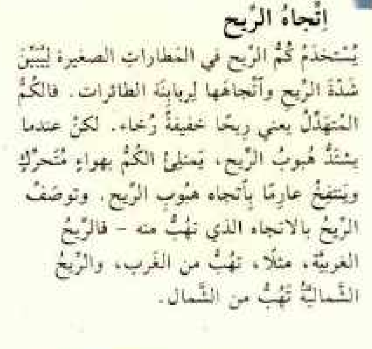
خريطةُ الطَّقس
تُمثِّلُ الجَبهات

على خَريطةِ الطَّقسِ بخُطوطٍ ذاتِ أسْلاكٍ، أو ذاتِ حَدَباتٍ. فالأسلاكُ تُبيِّنُ الجبهةَ الباردة، بينما تُشيرُ الحَدَباتُ إلى جَبْهةٍ دافئة. أحيانًا كثيرة، عندَ تحرُّكِ المُنخفَضِ الجوّي، تَلحَقُ الجبهةُ الباردةُ بالجبهةِ الدافئة، فتتناوبُ الأسلاكُ والحَدَباتُ على أمتِدادِ الخطِّ، ويُمثِّلُ هذا جبهةً مُرتجة.

لمزيد من المعلومات أنظر
المُناخ ص ٢٤٤
ضَغطُ الهواء ص ٢٥٠
الرُّطوبة ص ٢٥٢
السُّحُب ص ٢٦٠
تكَوُّنُ السُّحُب ص ٢٦٢
التنبُّؤ بالأحوال الجوّيَّة ص ٢٧٠

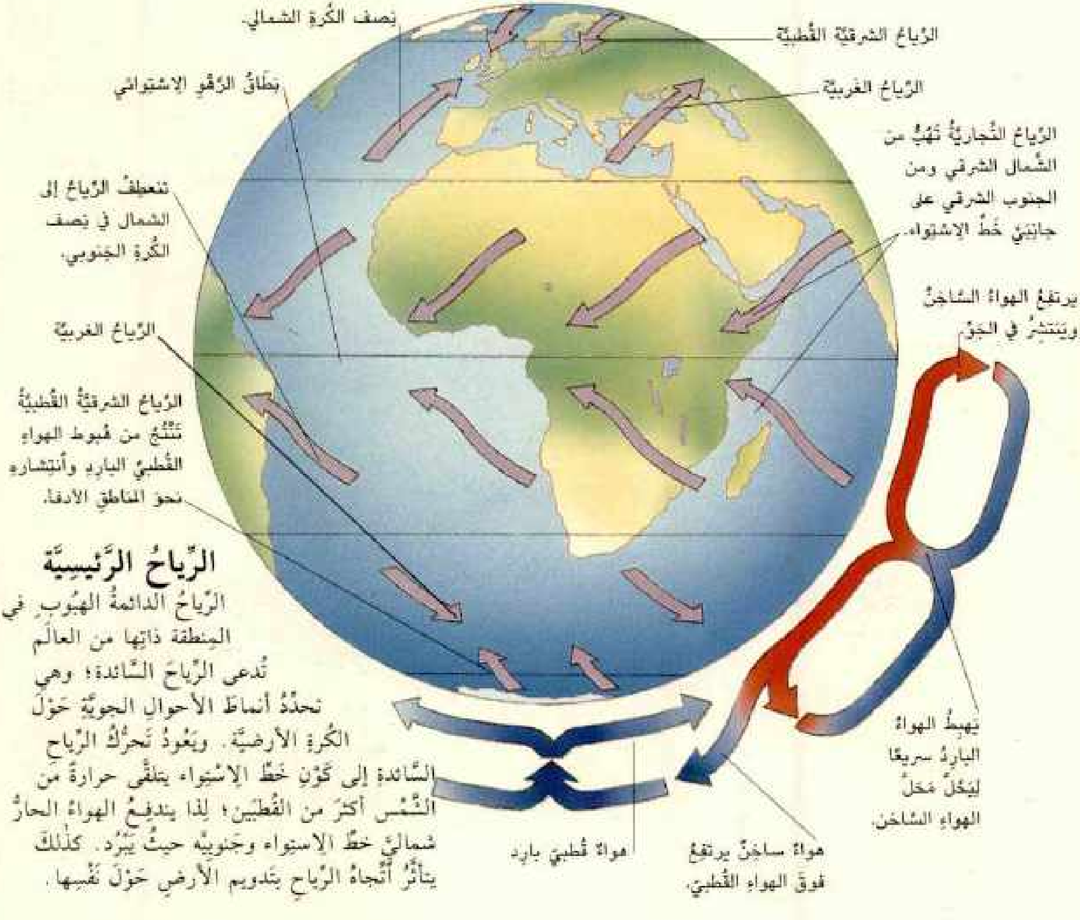
الـرّيـاح

الهواءُ لا يتوَقّفُ عن الحَرَكة، وفي تحرُّكِهِ يَحمِلُ الحرارةَ والماءَ حَوْلَ الكُرَةِ الأرضيّة فيُنْتِجُ الطقسَ في مُختلِف المناطِق. تهُبُّ الرِّياحُ العالميَّةُ بسَبَبِ الفَرْقِ في ضَغطِ الهواءِ ودرجةِ الحرارة بينَ مكانٍ وآخرَ. فالرِّياحُ تَهُبُّ من مَناطِقِ الضغطِ العالي إلى مناطِقِ الضغطِ الخَفيض. ويمكِنُكَ تِبيانُ ذلك بِنَفْخِ بالونٍ بالهواء فيَزدادُ ضغطُ الهواءِ بِداخلِه، وعندما تَدَعُ الهواءَ يُفْلِتُ، ينْدفِعُ الهواءُ كالرِّيحِ إلى خارجِ البالونِ - حيثُ الضغطُ أخفضُ. والهواءُ السَّاخِنُ أَقَلُّ كثافةً من الهواءِ البارد، فيرتَفِعُ في الجَوِّ تارِكًا وراءَه مِنطقةً من الضغطِ الخفيض، يملأُها الهواءُ البارِدُ الذي يهبِطُ لِيَحُلَّ مَحلَّه. إنَّ دَورانَ الهواءِ هٰذا هو الذي يُكَوِّنُ الرِّياحَ.



اِتّجاهُ الرِّيح

يُستخدَمُ كُمُّ الرِّيح في المَطاراتِ الصغيرة لِيُبَيِّنَ شِدّةَ الرِّيحِ وأتّجاهَها لِربابِنَةِ الطائرات. فالكُمُّ المُتَهَدِّلُ يعني رِيحًا خفيفةً رُخاء. لكنْ عندما يشتَدُّ هُبوبُ الرِّيح، يَمتلِئُ الكُمُّ بهواءٍ مُتحرِّكٍ وينتفِخُ عارِمًا بأتّجاه هُبوبِ الرِّيح. وتوصَفُ الرِّيحُ بالاتجاه الذي تهُبُّ منه - فالرِّيحُ الغربيّة، مثلًا، تهُبُّ من الغَرب، والرِّيحُ الشّماليّةُ تَهُبُّ من الشّمال.



الرِّياحُ الرَّئيسيّة

الرِّياحُ الدائمةُ الهُبوبِ في المِنطقةِ ذاتِها من العالَم تُدعى الرِّياحَ السّائدة؛ وهي تحدِّدُ أنماطَ الأحوالِ الجوِّيّةِ حَوْلَ الكُرةِ الأرضيَّة. ويَعُودُ تَحرُّكُ الرِّياحِ السّائدةِ إلى كَوْنِ خَطِّ الإستواء يتلقّى حرارةً مِنَ الشَّمسِ أكثرَ من القُطبَين؛ لِذا يندفِعُ الهواءُ الحارُّ شماليَّ خطِّ الإستواء وجَنوبيَّه حيثُ يَبْرُد. كذلكَ يتأثَّرُ أتّجاهُ الرِّياحِ بتدويمِ الأرضِ حَوْلَ نَفْسِها.



التيّارانِ النّفّاثيّانِ (النافوريّان)

على أرتِفاعِ حوالى ١٠كم فوقَ سَطحِ الأرض يَدورُ تيّارانِ نافوريّانِ قَويّانِ حَوْلَ الأرض - واحدٌ في نِصفِ الكُرةِ الشمالي والآخرُ في نِصفِ الكُرةِ الجنوبي. وهٰذه الصورةُ، المُلتقطةُ من الفضاء، تُبيِّنُ سُحُبَ التيّارِ النافوريِّ فوقَ مِصر. ولا يتعدّى عَرضُ التيّارَينِ النفّاثَينِ بِضعَ مِئاتٍ من الكيلومترات، لكِنَّهُما يمتدّانِ أحيانًا إلى نِصفِ المَدى حَوْلَ الأرض. ويهُبّانِ عادةً بِسُرعةٍ تُقارِبُ ٣٠٠كم/ساعة أو أكثر. هٰذانِ التيّارانِ عظيما الأثرِ في تحريكِ الكُتَلِ الهوائيّةِ الرئيسيّة؛ وبالتالي، فتأثيرُهما عظيمٌ في أحوالِ الطقس.

الرِّياحُ المَحلّيّة



في جميعِ أنحاءِ العالَمِ هنالكَ رياحٌ مَحلّيّةٌ مُنتظِمةٌ تُعرَفُ بأسماءٍ خاصّةٍ كالفُهْن، مثلًا، وهي رِيحٌ جافّةٌ تهُبُّ من جبالِ الألْبِ في أوروبا. العاصفةُ المُبيَّنةُ في الصورةِ هُنا تهُبُّ فوقَ مايْزْهورن في جبالِ الألْب. ومِنَ الرِّياحِ المَحلّيّةِ أيضًا الشّنُوك، وهي رِيحٌ جافّةٌ تهُبُّ مُنحدِرةً شرقيَّ جبالِ الرُّوكيز في أمريكا الشماليّة، فتُسبِّبُ تغيُّراتٍ سريعةً في درجاتِ الحرارة والرُّطوبة. ومنها كذلكَ رِيحُ الطيبِ وهي نَسيمٌ بَحريٌّ مُنعِشٌ يَنشأُ قُرابةَ الظّهيرة في فريمَنْتِل، بأستراليا؛ ومنها أيضًا البامبيرو وهي رِيحٌ جَنوبيّةٌ غربيّةٌ باردةٌ تهُبُّ من جبالِ الأنديز في أمريكا الجَنوبيّة.

نِطاقُ الرَّهْوِ الاِستِوائيّ

تمتدُّ على طولِ خَطِّ الإستِواء مِنطقةٌ من الضغطِ الخَفيض، حيثُ تتلاقى الرِّياحُ التجاريّة. في هٰذه المِنطقةِ، المعروفةِ بنِطاقِ الرَّهْوِ الاستوائي، تخمُدُ الرِّيحُ. وكانت حركةُ السُّفُنِ الشراعيّةِ تتعطّلُ بسببِ خُمودِ الرِّيحِ في هذه المِنطقة؛ وقد تنفَدُ مُؤَنُها من الطعامِ والماء بأنتِظارِ أنجرافِها نحوَ الرِّياحِ التجاريّة.



نَسِيمُ البَحْر

يَحْدُثُ نَسيمَا البَرِّ والبَحْر في طَقْسٍ مُشمسٍ وحارٍّ فقط. وكِلاهُما تيّارُ حَمْلٍ حراريٍّ تسبّبُهُ سُخونةُ اليابِسَةِ والبحرِ وبرودتُهما بمُعدَّلاتٍ مُختلِفة. خِلالَ النهار تَسْخُنُ اليابِسَةُ أكثرَ من البحر، فيرتفِعُ الهواءُ السّاخِنُ منها مُكَوِّنًا مِنطقةً من الضغطِ الخفيض. فيَهُبُّ عليها هواءٌ باردٌ من البحر لِيَحُلَّ مكانَ الهواء الصاعِدِ مُكَوِّنًا نسيمَ البَحْر. وإذا خَلَتِ المِنطقةُ من التِّلالِ التي تصدُّ الرّيحَ فقد يبلغُ نَسيمُ البَحْر مسافةَ ٣٠كم داخِلَ اليابِسة.

نسيمُ البَحْر
هواءٌ ساخِن
هواءٌ بارِد
يابِسة
بَحر

نسيمُ البَرّ
هواءٌ بارِد
يابِسة
هواءٌ ساخِن
بَحر

نسيمُ البَرّ

في الليل، تَبْرُدُ اليابِسَةُ بسُرعةٍ أكثرَ من البَحْر؛ فيهبِطُ عليها الهواءُ البارِدُ ويندفِعُ نحوَ البَحْر. وحيثُ إنّ هواءَ البَحْر لا يزالُ دافئًا، فإنّه يرتفِعُ لِيَحُلَّ مَحلَّهُ الهواءُ الأبرَدُ من اليابِسَة مُكَوِّنًا نَسيمَ البَرّ.



بُرْجُ الرِّياح

في القرنِ الأوَّل ق.م.، شيَّدَ عالِمُ الفَلَكِ اليوناني، أندرونيكوس، بُرجًا لِلرِّياح؛ يتألَّفُ من ثمانيةِ جوانبَ نُقِشَ على كُلِّ جانبٍ منها إلهٌ لِلرِّيح. وكان كُلُّ إلهٍ يُمثِّلُ نمَطَ الرِّيحِ الخاصَّ به؛ فظهرَ بوريوس، إلهُ الرِّيحِ الشماليَّة الباردة، على شكلِ رجُلٍ عجوزٍ مُرتديًا ملابسَ دافئة ويَعزِفُ موسيقاهُ على صَدفةِ مَحارة؛ بينما بدا إلهُ الرِّيحِ الشَّرقيَّةِ الدافئةِ مُرتديًا ملابسَ خفيفةً ويحمِلُ فاكهةً وحَبًّا.



أرقامٌ قياسيّةٌ لِلرِّيح

ساحِلُ جورج الخامس في القارَّة القُطبيَّة الجنوبيَّة - المُبيَّنُ هنا هو أكثرُ الأمكنةِ تعرُّضًا لِهُبوبِ الرِّياح في العالَم حيثُ تَهُبُّ الرِّياحُ على نحوٍ مُنتظِمٍ بسُرعةِ ٣٢٠كم/سا. أمّا الرَّقْمُ القياسيُّ المُسَجَّلُ لأسرعِ ريحٍ على سطحِ الأرض فهو ٣٧١كم/سا؛ وذلك على جبلِ واشنطن، في نيوهامبشير، بالولايات المتحدة، وقد سُجِّلَ في ١٢ نيسان (إبريل) عام ١٩٣٤.

قُدرةُ الرِّيح

يُمكِنُ تَسخيرُ الرِّيحِ لِتوليدِ الكهرباء. ففي محطةٍ اختباريَّةٍ بالولايات المتحدة، تُدارُ، طبيعيًّا، صُفوفٌ مُتواليةٌ من الطواحينِ الهوائيَّةِ بقُدرةِ الرِّياحِ المَحلِّيَّة. وهي بدورِها تُسَيِّرُ تُربيناتِ مُوَلِّدٍ كهربائيٍّ تُنتِجُ بمجموعِها طاقةً كهربائيَّةً تكفي لإمدادِ مدينةٍ صغيرةٍ بالكهرباء للإضاءةِ والتدفئة. وبخلافِ محطّاتِ القُدرة العامِلةِ بالفَحْم أو بالطاقةِ النوويَّة، فالتُّربيناتُ الهوائيَّةُ لا تُحدِثُ تلوُّثًا.



لمزيدٍ من المعلومات انظُر

مَصادِرُ الطاقة ص ١٣٤
انتِقالُ الحرارة ص ١٤٢
الفُصول ص ٢٤٣
ضَغْطُ الهواء ص ٢٥٠
دَرَجاتُ الحرارة ص ٢٥١
الجَبَهاتُ المُناخيّة ص ٢٥٣

قُوَّةُ الرِّياح

لِلرِّيحِ تأثيرٌ كبيرٌ على حياتِنا، فهيَ الصديقُ والعَدُوُّ في آنٍ - أحيانًا تَهُبُّ لَطيفةً في نسيمٍ مُنْعِشٍ، وأحيانًا أُخرى تَهُبُّ عَنيفةً في عواصفَ وأعاصيرَ تُسبِّبُ أضرارًا واسِعَةَ النِّطاقِ تدميرًا وقَتْلًا. أوَّلُ مُحاولَةٍ مُقنَّنةٍ لِتِبْيانِ سُرعةِ الرِّياحِ كانتْ من وَضعِ الأميرالِ السِّيرِ فْرَنْسيس بُوفُورْت عامَ ١٨٠٥. فقد اسْتَنْبَطَ مِقياسًا يُساعِدُ البَحَّارةَ في تقديرِ قُوَّةِ الرِّياحِ. قديمًا، كانتْ طاقةُ الرِّيحِ تُستخدَمُ في طَحْنِ الحُبُوبِ؛ وحَديثًا لا تَزالُ طاقةُ الرِّيحِ تُستخدَمُ رُغمَ كُلِّ التِّقْنِيَّاتِ الحديثةِ. فهي اليومَ تُسَخَّرُ في إدارةِ التُّربيناتِ الهوائيَّةِ لِتَوليدِ الكهرباء.

٠ (صِفْر) هواءٌ ساكِنٌ، دخانُ المَداخِنِ يَصْعَدُ عَموديًّا.

١. هواءٌ خَفيفٌ - مُعدَّلُ سُرعةِ الرِّيحِ ٣كم/سا. يَنْحرِفُ الدُّخانُ قليلًا.

٢. نسيمٌ خَفيفٌ - سُرعتُه ٩كم/سا. تَسْمَعُ حَفيفَ أوراقِ الشَّجَرِ، وتُحِسُّ بالهواءِ على وَجْهِكَ.

٣. نسيمٌ لطيفٌ - سُرعتُه ١٥كم/سا. أوراقُ الشَّجَرِ وأغصانُها الطَّرِيَّةُ تتحرَّكُ، والأعلامُ تُرَفْرِفُ.

٤. ريحٌ مُعتَدِلةٌ - سُرعتُها ٢٥كم/سا. الأغصانُ الصغيرةُ تتحرَّكُ؛ وقُصاصاتُ الوَرَقِ تتطايَرُ.

٥. رِيحٌ نشيطةٌ - سُرعتُها ٣٥كم/سا. الأشجارُ الصغيرةُ تأخُذُ بالتَّماوُجِ.

٦. ريحٌ قويَّةٌ - سُرعتُها ٤٥كم/سا. يَصعُبُ التحكُّمُ بالمِظلَّةِ؛ والأغصانُ الكبيرةُ تتحرَّكُ.

٧. شِبْهُ النَّوْءِ - سُرعةُ الرِّيحِ ٥٦كم/سا. تتماوَجُ الأشجارُ بكامِلِها.

٨. نَوْء - سُرعةُ الرِّيحِ ٦٨كم/سا. صُعوبةُ السَّيرِ ضِدَّ الرِّيحِ. تتقصَّفُ الأغصانُ الطريَّةُ.

٩. نَوْءٌ عنيفٌ - سُرعةُ الرِّيحِ ٨١كم/سا. تتقصَّفُ الأغصانُ وتتطايَرُ أغطيةُ المَداخِنِ.

١٠. عاصفة - سُرعةُ الرِّيحِ ٩٤كم/سا. تتضرَّرُ المنازِلُ وتُقْتَلَعُ الأشجار.

١١. عاصِفةٌ عنيفةٌ - سُرعةُ الرِّيحِ ١١٠كم/سا. دَمارٌ بالِغٌ.

١٢. إعصار - سُرعةُ الرِّيحِ أكثَرُ من ١١٨كم/سا. دَمارٌ واسِعُ النِّطاقِ.

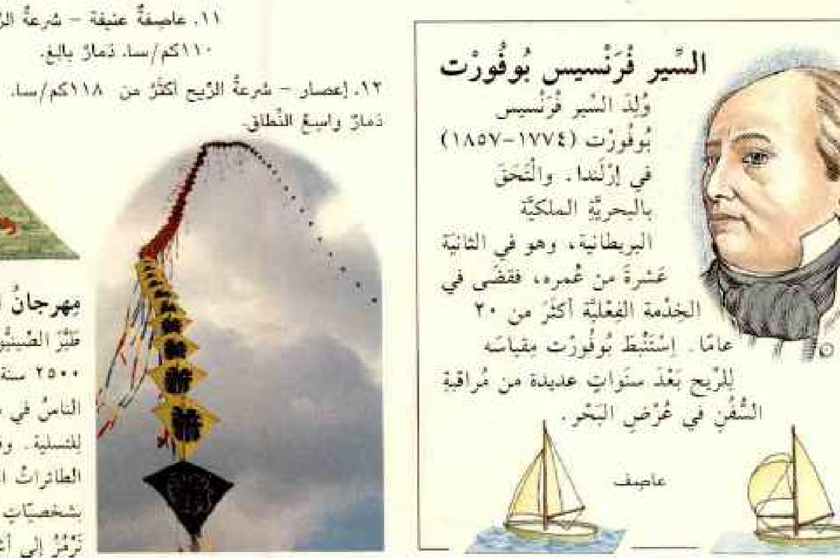
مِرياحٌ (مِقياسُ رِيحٍ) من القَرْنِ التاسِعَ عَشَرَ.

مِرْياح

المِرياحُ آلةٌ لِقياسِ سُرعةِ الرِّيحِ. وكانتْ أوائلُ هٰذه الآلاتِ تتألَّفُ من كُرَةٍ تُدْفَعُ فوقَ مِقياسٍ مُدرَّجٍ مُقوَّسٍ. أمَّا مَقاييسُ الرِّيحِ الحديثةُ فتتألَّفُ من ثلاثةِ أكوابٍ أو أكثرَ مُركَّبَةٍ على أطرافِ أذرُعٍ تُدَوَّمُ حَوْلَ عمودٍ قائمٍ، فتُسَجِّلُ بِدَورانِها سُرعةَ الرِّيحِ على قُرصٍ مُدرَّجٍ.

مِقياسُ بُوفُورْت

مِقياسُ قُوَّةِ الرِّياحِ هٰذا اعتمَدَ أصْلًا على تأثيراتِ سُرعةِ الرِّيحِ على سفينةٍ شِراعيَّةٍ كامِلَةِ التجهيزِ، لِيُحَدِّدَ كميَّةَ الأشرِعةِ التي يجبُ نَشْرُها أثناءَ هُبوبِ الرِّياحِ المُختلِفةِ الشِّدَّةِ. ولا يَزالُ هٰذا المقياسُ يُستخدَمُ حتى اليوم، وقد كُيِّفَ للاستِخدامِ على اليابِسَةِ أيضًا. يتألَّفُ المقياسُ من ١٣ درجةً تُحدِّدُ قوَّةَ الرِّياحِ من السُّكونِ التامِّ حتى الأعاصير.



السِّير فْرَنْسيس بُوفُورْت

وُلِدَ السِّيرُ فْرَنْسيس بُوفُورْت (١٧٧٤-١٨٥٧) في إرْلَندا. والتَحَقَ بالبحريَّةِ الملكيَّةِ البريطانيَّةِ، وهو في الثانيةَ عَشْرةَ من عُمرِه، فقضَى في الخِدْمةِ الفِعليَّةِ أكثَرَ من ٢٠ عامًا. إسْتَنْبَطَ بُوفُورْت مِقياسَه للرِّيحِ بَعْدَ سَنَواتٍ عديدةٍ من مُراقبةِ السُّفُنِ في عُرْضِ البَحْرِ.

مِهرجانُ الطائراتِ الوَرَقيَّة

طَيَّرَ الصِّينيُّونَ طائراتٍ وَرَقيَّةً منذُ ٢٥٠٠ سنةٍ؛ أمَّا اليومَ، فيُطَيِّرُها النَّاسُ في سائرِ أنحاءِ العالَمِ لِلتسلِيَةِ. وفي اليابان، تُزَيِّنُ الطائراتُ الوَرَقيَّةُ التقليديَّةُ بشخصيَّاتٍ أو حيواناتٍ أُسطوريَّةٍ تَرْمُزُ إلى أشياءَ مُختلِفةٍ.

لمزيد من المعلومات انْظُر

مَصادِرُ الطاقة ص ١٣٤
الرِّياح ص ٢٥٤
الأعاصير ص ٢٥٨
الأعاصير الدَّوَّاميَّة ص ٢٥٩

البَرْقُ والرَّعْد

تتكوَّنُ السُّحُبُ الرَّعَّادَةُ القاتِمةُ في الأيامِ الرَّطْبةِ الحارَّةِ ويبلُغُ عَرْضُ السَّحابةِ منها قُرابةَ ٥كم وارْتِفاعُها ٨كم. وكثيرًا ما تكونُ العاصفةُ الرعديَّةُ وَحدةً أو «خليَّةً» قائمةً بذاتِها، ضِمنَ مَجموعةٍ من العواصف التي قد يبلُغُ عرضُها ٣٠كم، وقد تستمِرُّ خَمْسَ ساعاتٍ أو أكثر. وقد تُصبحُ الخليَّةُ الواحدة أحيانًا «عاصِفةً فائقةً» يَزيدُ عرضُها على ٥٠كم، وقد تُنْتِجُ برَدًا كبيرًا مَصْحُوبًا بالبَرْقِ والرَّعْد. وإذا كانتِ العاصفةُ في السَّمتِ فوقَك، فستسْمَعُ الرَّعْدَ وترَى البَرْقَ في آنٍ معًا. أمّا إنْ كانتْ بعيدةً فسترى البَرْقَ أوّلًا، لأنَّ الضوءَ أسرعُ من الصوتِ بكثير. وإذا حَسَبْتَ الثوانيَ الفاصلةَ بين رُؤيةِ البَرْقِ وسَماعِ الرَّعْد فَيُمكِنُكَ تقديرُ بُعْدِ العاصفةِ عنكَ، بالكيلومترات، بِقِسْمةِ ذلك الفارِقِ على ٣.



البَرْقُ الصَّفْحيّ

إذا أنارَ وَميضُ البَرْقِ السَّماءَ، فهو بَرْقٌ صَفْحيٌّ يَحْدُثُ داخِلَ السَّحابةِ الرَّعديّةِ كتَفْريغٍ بَرْقيٍّ دونَ أنْ يهبِطَ إلى الأرض.

الشّحنات الكهربائيّة

إنّ تصادُمَ جُسَيماتِ الماءِ والجليدِ داخِلَ سَحابةٍ رَعّادةٍ يُولِّدُ رَكْمًا من الكهربائيّةِ السّاكنة؛ فتتراكمُ الشّحناتُ المُوجِبةُ في أعلى السَّحابة، وتحتشِدُ الشّحناتُ السّالبةُ في أسفلِها مُحاولةً الإفلاتَ نحوَ الأرض. وعندما يبلغُ فَرْقُ الجُهْدِ بين الشّحناتِ حَدًّا كافيًا، يَهبِطُ التفريغُ البَرْقيُّ من أسفلِ السّحابةِ نحوَ أعلاها أو منْ أسفلِها نحو الأرض.

العاصفةُ الرَّعديَّة

تتكوَّنُ السُّحُبُ الرَّعّادةُ عندما يَنْدفِعُ الهواءُ الرَّطْبُ الدافئُ صُعُدًا في أعالي الجَوّ ويَبْرُدُ بشِدّةٍ فجأةً؛ فيَتجمَّدُ بعضُ الماءِ داخِلَ تلكَ السُّحُب. وبفعلِ تيّاراتِ الهواءِ القويّةِ تتصادمُ بلّوراتُ الجليدِ وقُطَيراتُ الماءِ فيَفقِدُ الجليدُ جُسَيماتٍ دقيقةً مَشحونةً تُدعى إلكترونات، وهكذا ينشأُ تراكُمٌ من الشّحنات الكهربائيّة. هذه الشّحناتُ تُطلَقُ بصاعقةٍ بَرقيّةٍ تُسخِّنُ الهواءَ حَوْلَها إلى درجةِ حرارةٍ تفوقُ التصوُّر، تقارِبُ ٣٠,٠٠٠°س - أي خمسَ مرّاتٍ أحرَّ من درجة حرارة سَطْحِ الشَّمس. هذه الحرارةُ الفائقةُ تُسبِّبُ تمدُّدَ الهواءِ بسُرعةٍ كبيرة - تزيدُ على سُرعةِ الصوتِ في الهواء؛ وهذا يُسبِّبُ قَصْفَ الرُّعود.



البَرْقُ المُتشعِّب

يبدأ البَرْقُ المُتشعِّبُ عندما تتعرَّجُ «صاعقةٌ طليعيّةٌ» نحوَ الأرض بِسُرعةِ ١٠٠كم/سا مُتّخِذةً أسهلَ المسارات. فتُحدِثُ مَسارًا من الهواءِ المَشحونِ كهربائيًّا لِصاعقةٍ رَجعيّةٍ، أو رئيسيّة، تَنطلِقُ مُرتدّةً في التوّ؛ وهذه الصاعقةُ المُرتدّةُ هي التي نُشاهِدُها.

الأمكنةُ الآمِنة

إذا فاجأتْكَ عاصِفةٌ رعديّةٌ خارجَ البيت، فتجنَّبِ اللجوءَ تحتَ شجرةٍ باسِقةٍ مَعْزولة. فالتفريغُ البَرْقيُّ يتوخّى دومًا أسرعَ المساراتِ إلى الأرض، وقد يَضرِبُ الشَّجرة. إنَّ داخِلَ السيّارةِ هو أحدُ أكثرِ الأماكنِ أمانًا من الصواعق. فإذا ضربَتِ الصاعقةُ سيّارةً، فإنَّ هيكلَها الفولاذيَّ يُمرِّرُ الكهرباءَ على سَطحِ السيّارةِ إلى الأرض.





إلهُ الرَّعْد

كان ثُور إلهَ الرَّعْد عند الإسكندنافيّين القُدماء؛ ويتمثّلُ هنا بتمثالٍ برونزيٍّ من القرنِ العاشرِ في آيسلندا. ويُزعَمُ أنّه كانَ رجُلًا ضخمًا أحمرَ شَعْرِ الرأس واللِّحيةِ ذا قُوّةٍ وقُدرةٍ هائلتَين. فكانتْ سِهامُه البارقةُ تُسقِطُ الصواعقَ من السُّحُبِ حسَبَ اعتقادِهم.

لمزيد من المعلومات انظُر

الكهربائيّةُ السّاكنة ص ١٤٦
الكهرباءُ التّياريّة ص ١٤٨
الصّوت ص ١٧٨
الضوء ص ١٩٠
البَرَد ص ٢٦٧
الشّمس ص ٢٨٤

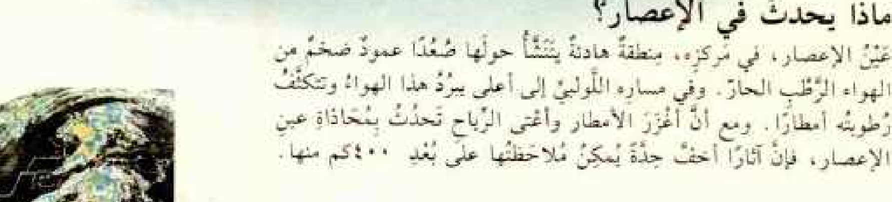
الأعاصير

الأعاصيرُ (وتُسَمّى أحيانًا العواصفَ الدُّوّاميّةَ المداريّة) تستطيعُ اقتِلاعَ الأشجارِ وتدميرَ المَباني وإتلافَ المحاصيل. والأمطارُ الغزيرة التي تُرافِقُها تُحدِثُ فَيَضاناتٍ؛ وقد تَغْمُرُ المناطِقُ السّاحليَّةُ بالأمواجِ الضَّخمةِ المُندَفِعَةِ برياحٍ عاتيةٍ تُقارِبُ سُرعتُها ٣٠٠ كم/سا. تأخُذُ الأعاصيرُ بالتكَوُّن عندما تُثيرُ حرارةُ الشَّمْسِ الهواءَ الرَّطْبَ صعُدًا فوقَ المُحيطات حيثُ تتجاوزُ درجةُ الحرارة ٢٧° س. في البدايةِ قد يبلُغُ قُطْرُ دائرةِ المُنْخَفَضِ الجوّي في مركزِ (أو عَينِ) العاصِفة ٣٠٠ كم، ولا تتجاوزُ شِدَّةُ الرّيح مُستوى النَّوء. لكنْ مع تضَيُّقِ قُطرِ عَينِ العاصفة إلى حوالى ٥٠ كم، تأخذُ الريحُ بالتدويمِ حولَ العينِ بزَخْمٍ إعصاريّ.

الإعصار أندرو

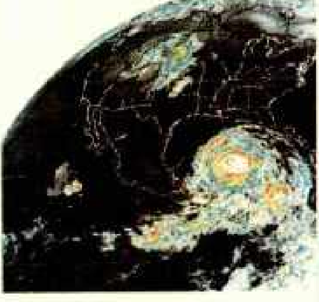
إكتسحَ الإعصارُ أندرو وِلايةَ فلوريدا، بالولايات المُتحدة عامَ ١٩٩٢. وأُنْذِرَ الناسُ بِقُدومِ الإعصارِ فجَلا الكثيرُ منهم عن المنطقة. وكانتْ حَصيلةُ الإعصارِ مَقْتَلَ ١٥ شخصًا وبقاءَ ٥٠ ألفًا دونَ مأوى.

يَدَوِّمُ الهواءُ شَرْزًا (بِعكْسِ اتّجاهِ عَقاربِ الساعة) في أعاصيرِ نِصفِ الكُرةِ الشماليّ، ويَتًّا (بِاتِّجاهِ عقاربِ الساعة) في نِصفِ الكُرةِ الجنوبيّ.



يُحاوِلُ العُلماءُ تكوينَ عَينٍ ثانيةٍ في الإعصارِ عن طريقِ ذَرِّ بلّوراتِ المِلحِ أو الجليدِ أو يُوديدِ الفِضّة. فباتّصالِ هذه العَينِ بعينِ الإعصارِ الأولى، لِتكوينِ عَينٍ كبيرةٍ واحدةٍ، يُمكِنُ خفضُ سُرعةِ الرِّيح.

دائرةٌ ضَخْمةٌ من السُّحُبِ تتشكَّلُ بانتشارِ الهواءِ من قِمّةِ العاصفة.



١. في بدءِ الإعصار، يُسقَطُ الهواءُ نحو مَركزِ المُنخفَضِ الجوّي (حيثُ الضغطُ الخفيض) مُسبِّبًا رياحًا سَطحيّةً عاتية.

٢. إذا كانت عَينُ الإعصارِ واسعةً جدًّا، تكونُ الرِّياحُ المحيطةُ ضعيفةً. لكنْ مع تَضيُّقِ عينِ الإعصارِ تزدادُ الرِّيحُ سُرعةً وعُنفًا.

ماذا يحدثُ في الإعصار؟

عَيْنُ الإعصار، في مَركزِه، منطقةٌ هادئةٌ يَنْشَأُ حولَها صُعُدًا عمودٌ ضخمٌ من الهواءِ الرَّطْبِ الحارّ. وفي مسارِه اللَّولبيّ إلى أعلى يبرُدُ هذا الهواءُ وتتكثَّفُ رُطوبتُه أمطارًا. ومع أنّ أغزَرَ الأمطارِ وأعتى الرِّياحِ تحدثُ بِمُحاذاةِ عينِ الإعصار، فإنّ آثارًا أخفَّ حِدّةً يُمكِنُ مُلاحَظتُها على بُعْدِ ٤٠٠كم منها.



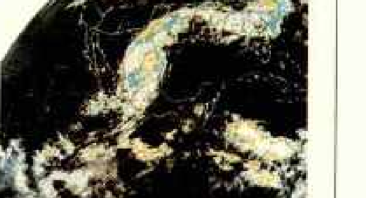


٣. مع تقدُّمِ الإعصار، تشتدُّ سُرعةُ الهواءِ فيدوِّمُ صُعُدًا في مَسارٍ لولبيٍّ هائل.

عاصِفةٌ أو إعصار؟

يتَرصَّدُ عُلماءُ الأرصادِ الجويّةِ الأعاصيرَ المُحتمَلة، فتستخدمُ السَّواتِلُ لالتِقاطِ صُوَرِ المُنشَآتِ منها. وتُساعِدُ صورُ السّواتِلِ هذه عُلماءَ الأرصادِ في كشفِ المواقعِ التي يُحتَمَلُ فيها تحَوُّلُ العاصفةِ إلى إعصارٍ والتنبُّؤِ عن مَسارِه المُرجَّح.





٤. في أوْجِ قُوّةِ الإعصار، تُدوِّمُ الرِّياحُ بِسُرعةٍ تفوقُ ١١٨ كم/سا؛ ولا تخِفُّ حِدَّتُه إلا بعْدَ مُرورِه فوقَ اليابسةِ أو فوقَ مياهٍ أبردَ - أقلَّ من ٢٧° س.



كليمَنْت راج

الأستراليُّ كليمَنْت راج (١٨٥٢-١٩٢٢) هو صاحبُ فِكرةِ تَسميةِ الأعاصيرِ بأسماءٍ نِسْويّة؛ ويُقالُ إنّه كان يَختارُ لها أسماءَ نِساءٍ يكرهُهنّ! ومنذُ عام ١٩٧٠، تقرَّرَ وَضْعُ لائحةٍ أبجديّة، سنويًّا، تحمِلُ أسماءً نِسويّةً ورجاليّةً مُتناوِبة؛ وكُلّما اكتُشِفَ إعصارٌ جديد، يُعطى الاسمَ التالي على اللائحة.

لمزيد من المعلومات انظر

ضَغْطُ الهواءِ ص ٢٥١
الرُّطوبة ص ٢٥٢
قُوّةُ الرِّياح ص ٢٥٦
تكَوُّنُ السُّحُب ص ٢٦٣
المَطَر ص ٢٦٤
التنبُّؤُ بالأحوالِ الجوّيّة ص ٢٧٠

الأعاصيرُ الدُّوَّاميَّة

رِيحُ الإعصارِ الدُّواميِّ (الطُّرنادِ) هي أشدُّ الرِّياحِ سُرعةً على سَطْحِ الأرض، فقد تبلُغُ سُرعتُها في عمودِ الهواء القِمعيِّ المُدوِّم ٥٠٠ كم/سا - وهي أعلى بكثيرٍ من سُرعةِ الرِّيح داخِلَ الإعصارِ المَداري. ولا يستطيعُ العلماءُ قياسَ السُّرعةِ القُصوى في الطُّرناد لأنَّ آلاتِ الرصدِ تتحطَّمُ في رياحِه الزَّعازِع. الطُّرناداتُ زوابعُ صغيرةٌ فائقةُ القُدرة تنشأُ فُجاءَةً، في مَجموعاتٍ غالبًا؛ وهي أكثرُ شيوعًا وعُنفًا في الولايات المتحدة الأمريكيّة حيث يَثُورُ منها أكثرُ من ٥٠٠ سنويًّا. ويتراوَحُ قُطرُ الطُّرنادِ بين بِضعةِ أمتارٍ ومئةِ متر، وقد يبلغُ مَداهُ ٢٠٠ كم. وهو في مَساره يسفُطُ كُلَّ شيءٍ، بما فيه الأشجارُ والمَباني والقِطارات، ثُمَّ يُسقِطُها حينَ وحيثُ تخورُ قُواه.

يَحدثُ مَسارٌ حلزونيٌّ في القارورة العُلويّة.

طُرنادٌ في قارورة

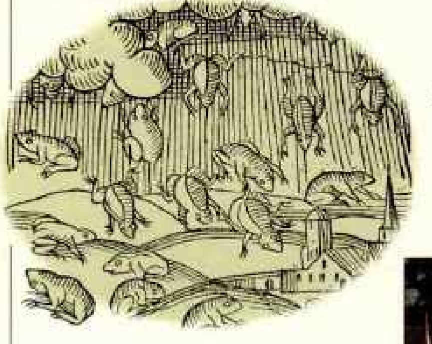
لِتِبيانِ طريقةِ حُصولِ الإعصارِ الدُّواميِّ (الطُّرناد)، خُذْ قارورتَين ذواتَي سِدادَين لَولَبيَّين وغرِّ السِّدادَين معًا. أثقُبْ ثَقبًا صَغيرًا في كِلا السِّدادَين بمِسمارٍ مُناسب. إملأ إحدى القارورتَين حتى ثلاثةِ أرباعِها ماءً، وثبِّتِ السِّدادَ المُزدوج. ثُمَّ ثبِّتِ القارورةَ الفارغةَ في السِّداد فوق القارورةِ المَلأى. إقلِبِ القارورتَين رأسًا على عَقِبٍ ودوِّمِ الماءَ قليلًا ليبدأَ انطِلاقُه. راقِبِ المَسارَ الحلزونيَّ، في الوَسَط، الشبيهَ بالطُّرناد.

تكَوُّنُ الإعصارِ الدُّواميّ

يتكَوَّنُ الإعصارُ الدُّواميُّ (الطُّرناد) حينما يتثيرُ عمودٌ طويلٌ قِمعيُّ الشَّكل من الهواء السَّاخِنِ بسُرعةٍ صُعُدًا، من الأرض إلى سَحابةٍ رَعديَّةٍ في الغالِب. وقد يَحدُثُ الطُّرنادُ أيضًا عندما تَسخُنُ الأرضُ بشِدَّةٍ وتبدأُ كُتلةٌ فقَّاعيَّةٌ من الهواء بالإرتفاع. في أمريكا الشماليَّة، تتكَوَّنُ الأعاصيرُ الدُّوَّاميَّةُ عندما ينسابُ الهواءُ الجافُّ البارِدُ من جبال الروكيز شرقًا فوقَ هواءٍ رَطْبٍ ساخِنٍ، مُنطلقٍ شَمالًا، من خليج المكسيك. فإذا برَمَتْ رياحٌ قويّةٌ تيّارَ الهواءِ الصاعِدَ وبدأَتْ تدويمَهُ، فقد يتحَوَّلُ هٰذا إلى طُرناد.

الضغطُ في مركزِ الطُّرناد أخفضُ من الضغطِ الجوِّيِّ العاديِّ بمئات الملي بار. لذا تتفجَّرُ المباني بِاندفاعِ الهواءِ من داخِلِها نحو منطقةِ الضغطِ الخفيض.

يمتدُّ قِمْعُ الهواء المُدَوِّمِ إلى الارض كمِكنسةٍ كهربائيّةٍ ضخمةٍ.



مَطَرُ الغرائب

عندما يفقِدُ الطُّرنادُ طاقتَه ويَخُور، تتساقَطُ منه الأشياءُ التي كان سَفَطَها، أو التقطَها، مطَرًا غريبًا - كأنْ يُمطِر ضفادعَ مثلًا. فالطُّرنادُ أثناءَ مُرورِه فوقَ البَحر، يَسْفُطُ المياهَ وما تحويه من أسماكٍ صَغيرةٍ وضفادعَ، وقد يحمِلُها مسافاتٍ طويلةً قبلَ أنْ يُسقِطَها.

لمزيد من المعلومات انظر

ضَغْطُ الهواء ص ٢٥٠
قُوَّةُ الرِّياح ص ٢٥٦
الأعاصير ص ٢٥٨
السُّحُب ص ٢٦٠
المَطَر ص ٢٦٤

مِقياسُ تُورُو

تتكَوَّنُ الأعاصيرُ الطُّرناديّةُ فَجأةً، فيستحيلُ التنبُّؤُ بزمانِها ومكانِها. لذا فإنَّ الإنذاراتِ بها تُعَمَّمُ عندما تكونُ الأحوالُ الجويّةُ مُهيّأةً لِحُدوثِها؛ وتُتابَعُ تلك الإنذاراتُ بتحذيراتٍ مُجَدَّدةٍ أحدثَ كُلَّما تحدَّدَتْ مواقِعُ وآتجاهاتُ تلك الأعاصير. يُصنِّفُ مقياسُ تورو، لِشِدَّةِ الأعاصير، سُرعةَ الإعصارِ الدُّواميّ وقدرتَه التدميريّةَ على مقياسٍ مُدَرَّجٍ من ٠ (صِفْر) إلى ١٢ درجة. فمثلًا على درجةِ تُورو «١» الطُّرنادُ خفيفٌ، يقتلِعُ الأشجارَ الصغيرةَ وينتزِعُ أغطيةَ المداخِن؛ بينما على درجةِ تورو «١٢»، الطُّرنادُ أعظميٌّ يُحدِثُ دَمارًا شديدًا حتّى في المباني الخرسانيّةِ المُسلَّحةِ بالفولاذ.



وحوشُ (أو هُولات) البَحر

الطُّرنادُ المُتكوِّنُ فوقَ البَحرِ يُدعى طُرنادًا مائيًّا. وحينَ يلامِسُ الطُّرنادُ سطحَ المُحيط يَسْفُطُ الماءَ صُعدًا داخلَ الرياحِ المُدَوِّمة. فيبدو الطُّرنادُ المائيُّ كأنَّه مُنبثِقٌ من البَحر كثُعبانٍ هائلٍ ذي لونٍ رماديٍّ قاتِم. ولَعَلَّ أمثالَ هٰذا المشهدِ هي أساسُ الأساطيرِ حولَ الهُولاتِ والوحوشِ البَحريّة.

السُّحب

السِّمحاق

تتشكّلُ السُّحُبُ السِّمحاقيّةُ في أعالي الجوّ - في الأعالي القارسةِ البَرْد حيثُ يتجمّدُ ماؤها إلى بلّوراتٍ جليديّة. وتكوّنُ السُّحُبُ السِّمحاقيّةُ أحيانًا طبقةً كاملةً من الغُيومِ البيضاء.

السُّحُبُ مسؤولةٌ عن الكثيرِ من مظاهرِ الطَّقس، وهي لذلك تُعطينا بعضَ أفضَلِ الدلائلِ عن الأحوالِ الجويّةِ التي قد تطرأُ خِلالَ السَّاعات أو الأيامِ القليلة المُقبلة. فإذا ما طالعَتْكَ السَّماءُ بغُيومٍ قاتمةٍ مُلَبَّدةٍ مُنْذِرَةٍ، عرَفْتَ أنَّ احتِمالاتِ المطرِ الغَزيرِ مُرجَّحَةٌ. أمَّا السُّحُبُ المُنتفِشةُ البيضاءُ فتَظْهَرُ في الأيامِ المُشْمِسَةِ الدافئةِ وتُبَشِّرُ باستمرارِ الطَّقسِ دافئًا وجافًّا. هنالكَ ثلاثةُ أنواعٍ رئيسيّةٍ من السُّحُبِ هي: الرُّكاميُّ (ذو الأكداسِ المُدوَّرةِ على قاعدةٍ مُسطَّحة)؛ والطَّبقيُّ (المُنتشِرُ في طبقاتٍ رَماديّةٍ خفيضة)؛ والسِّمحاقُ (المُنتشِرُ الرقيقُ المُرتفع). وتُعتبَرُ جميعُ أنواعِ السُّحُبِ الأُخرى المُتباينةِ الأشكال والظِّلالِ مَزيجاتٍ أو أشكالًا مُختلِفَةً من هٰذهِ الأنواعِ الثلاثة.

الطَّقسُ في أجواء السِّمحاق

غالبًا ما تكونُ السُّحُبُ السِّمحاقيّةُ أولى الدلائلِ على تناهي الطَّقس الجيِّد؛ فتبدو الشَّمسُ، كما القمرُ، من خِلالِ السُّحُبِ الرقيقة المُرتفعة كأنَّ هالةً تحيطُ بهما؛ وهي دَلالةٌ قويّةٌ على قُربِ تساقُطِ المطر.

الرُّكاميّ

السُّحُبُ الرُّكاميّةُ غُيومٌ مُنتفِخةٌ بيضاءُ مُسطَّحةُ القاعدةِ تَبدو إلى حدٍّ كقِطَعِ القُطنِ هائمةً في الجوّ. وبسَببِ شَكلِها تُسمَّى أحيانًا السُّحُبَ القُنَّبيطيّة. تتكوَّنُ السُّحُبُ الركاميّةُ بفِعلِ هَبّاتِ الهواء الدافئةِ المُندفِعةِ صُعُدًا والمعروفةِ بالتيّارات الحراريّةِ الصاعدة.

الطَّقسُ في أجواء الرُّكامي

كثيرًا ما تُشاهَدُ سُحُبٌ رُكاميّةٌ مُنتفِخةٌ صغيرةٌ أيامَ الصيفِ الحارّة. وهي تختفي ليلًا حينَ يَبرُدُ سَطحُ الأرض، فلا يعودُ يُسخِّنُ الهواءَ فوقَه، ويتوقّفُ تصاعُدُ الهواءِ الدافئِ الذي يُكوِّنُها.

الطَّبقيّ

تتشكّلُ السُّحُبُ الطبقيّةُ أنضادًا، تتنامَى حتّى لقد تملأُ الفضاءَ بكامِله. وفي المناطقِ الجبليّةِ غالبًا ما يتغطّى سَطحُ الأرضِ بطبقةٍ من هٰذه السُّحُبِ على شكلِ سَديمٍ ضَبابيٍّ رَطْب.

الطَّقسُ في أجواء الطَّبقيّ

لعلَّ السُّحُبَ الطبقيّةَ هي أكثرُ أنواعِ السُّحُبِ قَنَطًا للنَّفس إذْ إنّها تجلبُ طَقسًا غَمًّا مُستمِرًّا رَذاذًا بالمطرِ أو بتساقُطِ الثلوج.





لوك هَوارْد

في العام ١٨٠٣، استَنْبطَ لوك هوارْد (١٧٧٢-١٨٦٤)، خُطّةً لتصنيفِ أنواعِ السُّحُبِ تبعًا لشكلِها وعُلوِّها عن سَطحِ الأرض. كان هوارْد صَيدليًّا وهاويًا أرصاديًّا حاذقًا. وقد حاولَ عبثًا إيجادَ علاقةٍ بين الطقسِ وأوجُهِ القَمَر. وقد استخدمَ هوارْد أسماءً لاتينيّةً لتمييزِ أنواعِ السُّحُب، إذ كانت اللاتينيّةُ قَيْدَ الاستخدامِ في أنظمةِ تصنيفِ الحيواناتِ والنباتات.



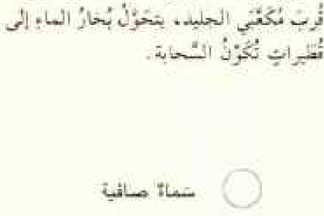
السُّحُبُ المُصَنَّفَة

هُنالكَ أنواعٌ لا حَصْرَ لَها من السُّحُب، لكِنَّ المُصَنَّفَ منها رسميًّا عَشَرةُ أنواعٍ فقط. تتشكَّلُ السُّحُبُ المُختلفةُ على ارتفاعاتٍ مُختلفةٍ في الجوّ - من مُستوى سطحِ البَحْر إلى عُلُوٍّ يُقارِبُ ١٠٠٠٠م. فالسُّحُبُ الخفيضةُ الارتفاعِ لا يتجاوزُ ارتفاعُ قواعِدِها ٢٠٠٠م، فيما تتشكَّلُ المُتوسِّطةُ الارتفاعِ بين ٢٠٠٠م وَ ٥٠٠٠م، والعاليةُ فوقَ ٥٠٠٠م.

لمزيد من المعلومات انْظُر
تكَوُّنُ السُّحُب ص ٢٦٢
الضبابُ والشَّبُّورة والضُّخان ص ٢٦٣
المَطَر ص ٢٦٤
تأثيراتٌ خاصَّة ص ٢٦٩
القَمَر ص ٢٨٨
تَصْنيفُ الكائناتِ الحَيَّة ص ٣١٠

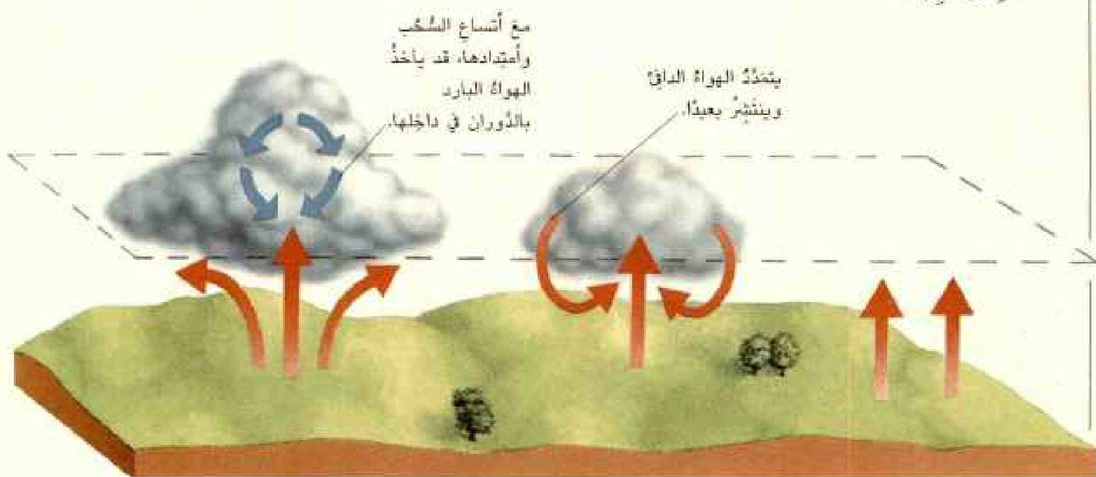
تكَوُّنُ السُّحُب

يتشَرَّبُ الهواءُ الماءَ من الأنهارِ والبُحَيرات والبِحار كما الإسفَنْجةُ. ويكونُ هذا الماءُ في الحالةِ الغازيَّةِ أي بُخارًا. وبخارُ الماءِ هذا هو الذي يُكَوِّن السُّحُبَ، إذ إنَّ السُّحُبَ تتألَّفُ أساسًا من قُطَيراتِ الماء. عندما يرتفِعُ الهواءُ، المُلامسُ لِسَطحِ الأرض، في الجوِّ يبرُدُ، ويتكثَّفُ بعضٌ من بُخارِه قُطيراتٍ تتجمَّعُ فتكَوِّن السُّحُب. أسبابُ ٱرتفاعِ الهواء في الجوِّ عديدةٌ: فقد يرتفِعُ لِسُخونَتِه بمُلامَستِه سَطْحَ الأرضِ الدافِئَ، أو لأنَّ جَبْهَةً من الهواءِ البارِدِ اندفعَتْ تحتَ الهواءِ السَّاخِنِ رافعةً إيَّاهُ إلى أعلى، أو قد يَرْتفِعُ في مسارِهِ صاعدًا عَبْرَ التِّلالِ والجِبال.



سَحابةٌ في قارورة

يُمكِنُكَ تَخليقُ سَحابةٍ في قارورةٍ لذاتِيّةٍ كما يلي: إملأ القارورةَ ماءً حارًّا (لا تستعمِلْ ماءً في درجةِ الغليان لئلا تنصهِرَ القارورة). أُترُكِ القارورةَ لِمُدَّةِ خَمْسِ دقائقَ ثُمَّ أفرِغْ ثلاثةَ أرباعِ الماءِ منها. الآنَ ضَعْ مُكَعَّبَينِ من الجليدِ (في طبَقٍ) فوقَ فُتحةِ القارورةِ وراقِبِ التغيُّمَ الحاصِلَ. يَحصُلُ التغيُّمُ لأنَّ بعضَ الماءِ يتحوَّلُ إلى بُخارٍ في الهواءِ الدافئِ. وعندما يَمُرُّ هذا بالمنطقةِ الباردةِ قُربَ مُكَعَّبَي الجليد، يتحوَّلُ بُخارُ الماءِ إلى قُطَيراتٍ تُكَوِّنُ السَّحابة.



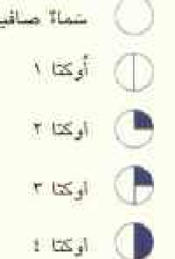
الشَّمسُ تُسخِّنُ سَطحَ الأرض، فيَسخُنُ الهواءُ المُلامِسُ له، ويرتفِعُ في الجوّ.

يبرُدُ الهواءُ أثناءَ ٱرتفاعِه ويتكثَّفُ مُحتواه من بُخارِ الماءِ قُطَيراتٍ تتجمَّعُ فتكوِّنُ السُّحُب.

مع تَوالي ساعاتِ النهار يتزايَدُ الهواءُ السَّاخِنُ المُرتفِع، ويتزايَدُ بالتالي تكاثُفُ البُخار، فتتضخَّمُ السُّحُبُ أكثَرَ فأكثَر.

السُّحُبُ والنَّدَى

تتكَوَّنُ السُّحُبُ عندما يرتفِعُ بُخارُ الماءِ في الهواءِ عاليًا في الجوِّ فيبرُدُ ويتكثَّف. وتُسمَّى درجةُ الحرارةِ التي يبدأُ عِندها التكاثُفُ نُقطةَ النَّدى أو نُقطةَ التكاثُف - عِلْمًا أنَّ بُخارَ الماءِ لا يتحوَّلُ إلى قُطَيراتٍ ما لَم تتواجَدْ في الهواءِ جُسَيماتٌ صغيرةٌ، كالغُبارِ أو الدُّخان، يتكثَّفُ عليها - فلا تتكَوَّنُ السُّحُبُ إذا كانَ الهواءُ نظيفًا بالِغَ النَّقاوة.















على المِعيارِ الثُّمانيّ، يُمثِّلُ الخطُّ العموديُّ، عَبْرَ الدائرة، أوكتا «١»، وهذا يعني أنَّ الغِطاءَ الغيميَّ رقيقٌ جدًّا.



أوكتا «٤»، تعني أنَّ نِصْفَ السماءِ مُغطًّى بالغيوم. وتُمَثَّلُ بِنِصْفِ دائرةٍ مُظلَّل.



أوكتا «٨»، هي أعلى درجةٍ على المِعيارِ الثُّمانيّ. وتعني أنَّ السماءَ مُغطاةٌ تمامًا بالغيوم. وتُمَثَّلُ بدائرةٍ مُظلَّلةٍ بالكامِل.

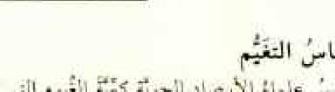
قِياسُ التغيُّم

يَقيسُ علماءُ الأرصادِ الجويَّةِ كمِّيَّةَ الغُيومِ التي تُغطِّي السماءَ بوَحدةٍ تدعى أوكتا، حيثُ تُمَثِّلُ الأوكتا الواحدةُ تَغَطِّي ثُمْنَ السماءِ بالغُيوم. ويُمَثَّلُ عددُ الأوكتاتِ على خارِطةِ الطَّقسِ بدائرةٍ جُزئيَّةِ التظليل.

التيَّاراتُ الحراريَّةُ الصاعدة

تكَوِّنُ السُّحُبُ علامةً مُفيدةً لِربابِنةِ الطائراتِ الشراعيَّةِ يَسترشِدونَ بها إلى مَواقِعِ تصاعُدِ الهواءِ الدافئ. فيفيدُ هؤلاءِ من تيَّاراتٍ حراريَّةٍ صاعدةٍ لِتُكسِبَهم رَفْعًا. كذلكَ تستخدِمُ كواسِرُ الطيرِ التيَّاراتِ الحراريَّةَ الصاعِدةَ لِتُساعِدَها في البقاءِ مُحلِّقةً في الهواءِ تُفتِّشُ عن طَعامٍ لها على سَطحِ الأرض.





لمزيدٍ من المعلوماتِ انظُر

تغيُّراتُ الحالة ص ٢٠
القُوَى في الموائع ص ١٢٨
انتِقالُ الحرارة ص ١٤٢
ضَغْطُ الهواء ص ٢٥٠
السُّحُب ص ٢٦٠
الصَّقيعُ والنَّدى والجليد ص ٢٦٨
دَوراتٌ في الغلافِ الحَيَويّ ص ٣٧٢



الضَّبابُ والشبُّورةُ والضُّخان

السُّحُبُ التي تتكوَّنُ قُرْبَ سَطْحِ الأرض تُدعى ضَبابًا أو شَبُّورة. وهي، كَسِواها من السُّحب، تتكوَّنُ بتكثُّفِ بُخارِ الماء، في الهواءِ المُشبَع، عندما يُلامِسُ الهواءُ أرضًا باردَةً. وإذا كان مَدى الرُّؤيةِ عَبْرَ السَّحاب يَتراوحُ بين كيلومتر واحد وكيلومترَيْن يُعرف هذا السَّحابُ بالشبُّورة؛ أمَّا إذا كان المدى دونَ الكيلومتر الواحد فيُسَمَّى السَّحابُ ضَبابًا. والضَّبابُ الكثيفُ هو أكثرُ السُّحُبِ خُطورةً على جميعِ وسائلِ النَّقل - من سيَّاراتٍ وسُفُنٍ وطائرات.



خَفْضُ ضوءِ المَصابيحِ الأماميَّةِ يَحُولُ دونَ انعكاسِها على قُطَيراتِ الماءِ في الضَّباب مُباشَرةً نحوَ السائق.

السِّياقةُ في الضَّباب

على سائقي السيَّارات الاحتِراسُ الشديدُ من الضَّباب، وعليهم خَفْضُ نُورِ مَصابيحِ سيَّاراتهم الأماميَّةِ نحوَ الأرض. إنَّ توجيهَ أنوارِ هذه المصابيحِ بكامل شِدَّتِها عاليًا بِمُوازاةِ الطريق يُشَوِّشُ الرُّؤيةَ لأنَّ النورَ المُنعكِسَ على قُطيراتِ الماءِ في الضَّباب يَرتَدُّ نحو عَيْنَي السائقِ مُباشرةً.

الضُّخان

الضُّخانُ مَزيجٌ من الدُّخان والضَّباب. ففي المُدُنِ الكُبرى، يحوي الهواءُ قَبْضًا من الجُسَيماتِ الإضافيَّةِ بفعلِ الدُّخانِ المُنطلِق من مُختلفِ المصانعِ والصِّناعات؛ فيتكثَّفُ بُخارُ الماءِ على تلكَ الجُسَيماتِ مُكوِّنًا الضُّخانَ. وتَزيدُ الأمرَ سُوءًا ظاهرةُ الانقلاب - أي ازديادُ درجةِ الحرارة بالارتفاع بدَلَ أن تنخفض - فتمنعُ طبقةُ الهواءِ الدافئِ الهواءَ السَّطحيَّ، والمُلوِّثاتِ التي يَحتويها، من الارتفاع. ويُمكِنُ حُدوثُ هذا أيضًا في مناطقَ مثلِ لوس أنجلوس، في كاليفورنيا، بالولايات المتحدة، حيثُ يُحتَبَسُ الهواءُ بفعلِ الجبالِ المُكتنِفة.

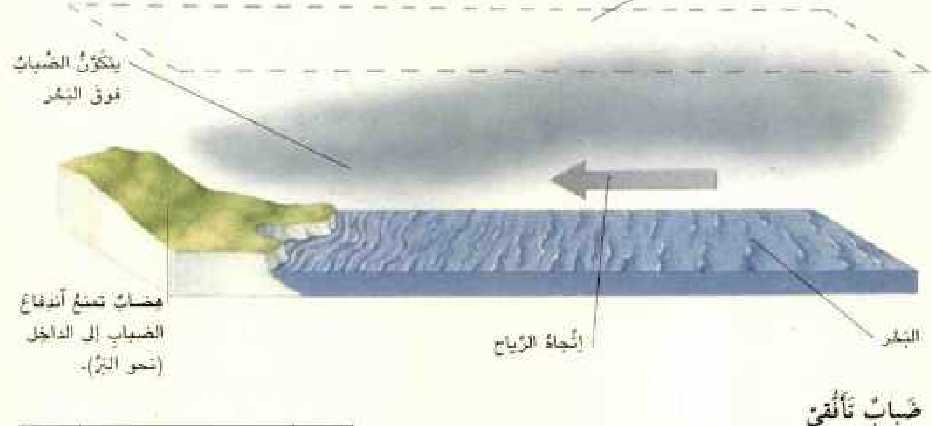
ضَبابُ الإشعاعِ الأرضي

النوعُ الشائعُ من الضَّباب هو ضَبابُ الإشعاع. ففي الليالي الصافيةِ والسماءُ خِلْوٌ من غُيوم تحتَبِسُ الحرارة، يَبْرُدُ سطحُ الأرض بِسُرعة، لِكثرةِ ما يُشِعُّ من حرارةِ الأرض، ويَبْرُدُ كذلك الهواءُ المُلامسُ له. فإذا انخفضتْ درجةُ الحرارة دون درجةِ النَّدى، يتكثَّفُ بُخارُ الماءِ في الهواء مُكوِّنًا ضَبابًا على مَقْرُبةٍ من سَطْحِ الأرض.



ضَبابُ جبالِ الجليد

تُغطَّى جبالُ الجليد غالبًا بالضباب لأنَّ الهواءَ حَوْلَها باردٌ والمياهُ، حيثُ هي طافيةٌ، أدفأ. وهكذا يتكثَّفُ الماءُ المُتبخِّرُ في الهواء البارد حولَ جبلِ الجليد مُكوِّنًا ضبابًا. في العام ١٩١٢، اصطدمتْ باخِرةُ التيتنيك بجَبلِ جليدٍ فانشطرتْ وهلكَ الكثيرون، لأنَّ بحَّارتَها رُبَّما لم يَروا جبلَ الجليدِ المُحاطَ بضَبابٍ كثيف.



ضَبابٌ تأفُّقي

يتكوَّنُ الضَّبابُ والشَّبُّورة غالبًا فوقَ الأنهارِ والبِحار. فيتبخَّرُ الماءُ من النهرِ أو البحرِ؛ وفي صباحٍ باكرٍ باردٍ، يتكثَّفُ إلى شَبُّورةٍ فوقَ المياه. وعندما يهُبُّ هواءٌ دافئٌ فوقَ البَحْرِ البارد ينتُجُ نوعٌ من الضَّباب يُعرفُ بالضَّبابِ التأفُّقي. وهو في الواقعِ طبقةٌ من الضَّباب تتكوَّنُ فوقَ الماءِ مُباشرةً مُقحَمةً بينَ مياهِ البَحْرِ والهواءِ الدافئِ فوقَها. ولا يندفعُ الضَّبابُ التأفُّقيُّ نحو البَرِّ إلا إذا كانتِ الأرضُ من حَوْلِه خفيضة.



الضُّخانُ الأصفرُ الكثيف

حدثَ مَرَّةً أنْ غطَّى الضُّخانُ الأصفرُ الكثيفُ مدينةَ لندن، بإنكلترا، كما يبدو في الصورةِ أعلاه المُلتقَطةِ عامَ ١٩٥٢. ويُعزى ذلك أساسًا إلى فَرْطِ الدُّخان المُتصاعِدِ من حَرْقِ الفَحْمِ الحجريِّ في المصانعِ والمنازل. ولم يكنْ ذاكَ الضُّخانُ مِمَّا يُستهانُ به، فقد تَسرَّبَ إلى داخلِ المباني مُسبِّبًا للكثيرين مشاكلَ في الحَلْقِ والعَينَين والتنفُّس؛ كما لاقَى العديدُ من الناس حَتْفَهم بسبَبِه. والجديرُ بالذِّكرِ أنَّ إبرامَ قوانين الهواءِ النَّظيفِ في الخمسينيَّاتِ من هذا القَرْنِ جعَلَ مَشاكلَ الضُّخانِ الكثيفِ الأصفرِ شيئًا من الماضي.

لمزيد من المعلومات انظر

تغيُّراتُ الحالة ص ٢٠
انتِقالُ الحرارة ص ١٤٢
الانعكاس ص ١٩٤
تكوُّنُ السُّحُب ص ٢٦٢
دَوراتٌ في الغلافِ الحَيَويِّ ص ٣٧٢

المَطَر

تعتمِدُ الحياةُ في البَرِّ على المَطَر، فهو يُغَذّي الأنهارَ ويملأُ البُحيرات، ويجعَلُ البزورَ تُنبِتُ وتنمو، ويُوَفِّرُ لَنا مِياهَ الشُّرب. ففي بعض المناطقِ تُمحِلُ الزُّروعُ إذا أحتبسَت الأمطارُ مَوسِمًا واحدًا فقط ويموتُ آلافُ الناسِ جُوعًا. كذلك فإنَّ الأمطارَ المُفرِطةَ الغزارةِ مُشكلةٌ، فالفيضاناتُ قد تُدَمِّرُ المنازلَ والمزارعَ وتقضي على الكثير من الأحياءِ البَرِّيَّة. والمعروفُ أنَّ المطَرَ لا يَهطِلُ من سَماءٍ زرقاءَ صافيةٍ، فهو لا يتكوَّنُ إلّا في السُّحب، وفي المُزنيِّ الرُّكاميِّ أو الطبقيِّ منها عادةً. والماءُ الذي يَهطِلُ من السُّحبِ بمُختلفِ أشكالِهِ يُدعى تساقُطًا وتحدِّدُ درجةُ حرارةِ الهواء، داخلَ تلكَ السُّحبِ وخارجَها نوعيةَ هذا التساقُطِ مَطرًا أو ثَلْجًا أو شَفْشافًا أو بَرَدًا.

تنصهرُ الكِسَفُ الثلجيَّةُ مُتحوِّلةً إلى مَطَر.

قَطْرةُ المَطَر بيضيَّةُ الشَّكل - لا مُستديرة ولا دَمْعيَّةُ الشَّكْل.

تتألَّفُ قَطرةُ المطَر من ملايين الهباءات من بُخار الماء - التي لا يتجاوزُ قُطرُ الواحدةِ منها جُزءًا من المليمتر.

كيفَ يتكَوَّنُ المطَر؟

خارجَ المناطقِ المداريَّة، يبدأُ مُعظمُ المطَر ثَلْجًا حتّى في فصلِ الصيف. ففي السُّحبِ العالية تكونُ درجةُ الحرارة دونَ درجةِ التجمُّد، فتتكوَّنُ البلّوراتُ الجليديَّةُ وتتنامى إلى كِسَفٍ ثلجيَّةٍ تَسقُطُ من السَّحاب فإذا كانت درجةُ حرارةِ الهواء الأقربِ إلى سَطحِ الأرضِ فوقَ درجةِ التجمُّد، تنصهِرُ تلكَ الكِسَفُ الثلجيَّةُ أثناءَ سُقوطِها وتهطِلُ مطرًا. أمّا في المناطقِ المَداريَّة، حيثُ الغيومُ دافئةٌ، فيتكوَّنُ المطرُ عندما تتصادمُ قُطيراتُ الماء المِجهريَّةُ وتتكتَّلُ معًا. فتثقُلُ فوقَ إمكانيةِ طَفْوِها في الجَوِّ وتتساقطُ مطرًا. وفي السُّحبِ الرقيقةِ يحدثُ التصادُمُ بين قُطيراتٍ أقلَّ فتكونُ قَطراتُ المطرِ المُتساقطةُ أصغرَ كثيرًا وتُعرفُ بالرَّذاذ.

الفَيضان

إذا كان تَهطالُ المطَر غزيرًا ومُتواصلًا، وتعذَّرَ تصريفُ المياهِ بسُرعةٍ فقد تَحدُثُ الفيضانات. الرِّياحُ الموسميَّةُ في الهند تحملُ معها أشدَّ وَبْلِ المطَرِ في العالَم، فتغمُرُ الفيضاناتُ مناطقَ شاسِعةً منها سنَويًّا - عادةً في شهر أيلول (سبتمبر).

تطغى الأنهارُ فوقَ ضِفافِها، وتغْمُرُ مياهُ الفيضان المناطقَ المُسطحةَ المحيطةَ إلى عمقِ عدَّةِ أمتار.

بعدَ فترةِ جَفافٍ طويلةٍ تتخشَّن التُّربةُ وتتصلَّد، فيتعذَّرُ تصريفُ المياه كما ينبغي.

بيانُ المُصطلحات في خريطةِ مُعدَّل المَطر السنوي

- أكثر من ٣٠٠٠ ملم
- بين ٢٠٠٠ و ٣٠٠٠ ملم
- بين ١٠٠٠ و ٢٠٠٠ ملم
- بين ٥٠٠ و ١٠٠٠ ملم
- بين ٢٥٠ و ٥٠٠ ملم
- أقلّ من ٢٥٠ ملم

مُعدَّلاتُ المطر السنويَّةُ في العالَم

تَحصلُ مناطِقُ العالَم المُختلفةُ على كميّاتٍ مُختلفةٍ من المطر؛ وذلك لأسبابٍ عديدة. ففي المناطقِ المَداريَّة مثلًا، تتساقطُ الأمطارُ بغَزارةٍ لأنَّ كميّاتٍ كبيرةً من مياهِ البحارِ الدافئةِ تتبخَّرُ وتتحوَّلُ إلى غُيوم. وتحصلُ المناطقُ الساحليَّةُ، القريبةُ من البَحر، عادةً على كميّاتٍ من المطرِ أكثرَ من المناطقِ الداخليَّةِ البعيدةِ عن البَحر. وقد تعترضُ سَلاسِلُ الجبالِ الرِّياحَ المُحمَّلةَ بالغُيومِ المُمطِرةِ فتستمطِرُها في جانب، وتبقى السفوحُ في الجانبِ الآخرِ جافّةً. أمّا في الصَّحاري الجافَّةِ فإنَّ كُتَلَ الهواء تَسخُنُ وتجفُّ عندَ اقترابِها من سطحِ الأرض.

رَقمٌ قياسيٌّ لِمُعدَّل المَطَر

على قِمَّةِ جبل واي إيلالي، في جزيرة كاواي، بهاواي، يَهطِلُ المطَرُ حوالى ٣٥٠ يومًا في السنة، فيبلغُ معدَّلُه السنويّ ١٥٠٠٠ ملم. وتُعزى شِدَّةُ التَهطالِ هٰذه إلى أرتفاعِ الرِّياحِ التجاريَّةِ الجنوبيَّةِ الشرقيَّةِ الرَّطبةِ خِلالَ عُبورِها الجَبَل.



مِسْطَرةُ قياس

قِياسُ كميَّةِ المَطَر

تُقاسُ كميَّةُ المطَر بالمليمتر، أو بالإنش، بواسطةِ مِقياسِ المطَر. ويتألَّفُ هذا من قِمْعٍ يتلقّى مياهَ المطَر ويَصُبُّها في أُسطوانةٍ تحته. ثُمَّ يُقاسُ أرتفاعُ الماءِ المُتجمِّع في الأُسطوانة، وبه تتحدَّدُ كميَّةُ المطَر المُتساقِط.




الجَفاف

إنحِباسُ المطَر، بحيثُ يَقِلُّ التَّساقُطُ عن ٠٫٢ ملم في فترةٍ تتجاوزُ الأسبوعَيْن يؤدّي إلى الجَفاف. وفي غِيابِ مُستودعاتِ التخزين تعودُ كميّةُ المياه غيرَ كافيةٍ لِلناسِ ولِلزُّروع. في بعضِ المناطقِ يستمِرُّ الجَفافُ الحادُّ سنَواتٍ عديدةً. ويُروى أنَّ منطقةَ كالاما في صحراء أتاكاما، بالشيلي، لم تشهَدْ أمطارًا على مَدى ٤٠٠ سنة، حتّى العام ١٩٧٢. فتراتُ الجَفافِ غيرُ مألوفةٍ في المناطقِ المُعتدلةِ كأوروبا وأمريكا الشماليّة لكنَّها عاديّةٌ مُنتظمةُ الحدوثِ في أستراليا وبعضِ أجزاءِ إفريقية وأمريكا الوُسطى وآسيا.

المطَرُ الإصطِناعيُّ والاستِمطار

يجري أستِمطارُ السُّحُب أحيانًا بِذَرِّ بلّوراتِ الجَليد الجافّ أو يُوديد الفِضّة عليها من الطائرات. هذه الكيماويّاتُ تُوَفِّرُ نُوَيّاتٍ تتنامى حولَها الكِسَفُ الثلجيّةُ. وهذه تتحوّلُ إلى مطَرٍ أثناءَ سُقوطِها إلى الأرض. في الصورةِ أعلاه، تُشاهَدُ بوضوحٍ آثارُ رَشِّ الكيماويّاتِ على السُّحُب.

السُّهولُ المُتصحِّرة

خِلالَ الثلاثينيّات من هذا القَرن تعرضَتْ أمريكا الشماليّةُ فترةً طويلةً لِرياحٍ غربيّةٍ سائدةٍ، فأنحبَسَ المطَرُ عن السُّهولِ الكُبرى لِوقوعها في «ظلّ» جبال الروكيز. وزادَ الوَضْعَ سُوءًا أنَّ المُزارعينَ كانوا قد حرَثوا السُّهوبَ العُشبيّةَ الطبيعيّةَ فجفَّتِ التُّربةُ السَّطحيّةُ وأغبرَّت. وتحوّلَتِ السُّهولُ العُظمى إلى منطقةٍ جافّةٍ تكتَسِحُها العواصفُ الغباريّةُ، ممّا أضطَرَّ المُزارعين إلى النُّزوحِ عن أراضيهم.

الطَّقسُ جافٌّ ومُستقِرٌّ بفعلِ المُرتفَعِ الجوّي الحاجِز.

المُنخفَضاتُ الجويّةُ تدورُ حولَ وخارجَ المُرتفَعِ الجوّي

الطَّقسُ غيرُ مُستقِرٍّ بعيدًا عن المُرتفَعِ الجوّي.

المُرتفَعُ الجويُّ الحاجز

قد يتسبَّبُ المُرتفَعُ (الضغطيّ) الجويّ في جَلْبِ الجَفافِ على منطقةٍ بِمَنْعِ وُصولِ المُنخفَضات الجويّةِ المتحرِّكة إليها. وإذا لازَمَ المُرتفَعُ الجوّيُّ المكانَ مُدّةً طويلةً، فإنّه يَمنَعُ أيَّ تغيُّرٍ في الطّقس على مَدى عِدّةِ أسابيع. المُرتفَعاتُ الجويّةُ الحاجزةُ جافّةٌ دائمًا، فتُحدِثُ طقسًا صافيًا باردًا في الشتاء وجافًّا حارًّا في الصيف.

البقاءُ في ظُروفِ الجَفاف

النَّبتُ مُزهِرٌ في هذه المنطقةِ الجافّةِ عادةً من أستراليا - حيثُ يكونُ بِساطًا قرنفليَّ اللّونِ على مَدى بضعةِ أيّام. والمعروفُ أنَّ مُعظمَ النباتاتِ لا تستطيعُ البقاءَ على قيدِ الحياةِ في الصَّحاري لأنّها شديدةُ الجَفاف، لكنَّ بعضَ البُزورِ تظَلُّ دفينةً في التُّربةِ عِدّةَ سَنوات. وهي حالما يَهطِلُ المطَرُ، سُرعانَ ما تَنبَعِثُ حيويّتُها فتُزهِرُ وتُنتِجُ بزورًا جديدةً على عَجَلٍ - قبل أن يجِفَّ سطحُ الأرضِ ثانيةً.



النباتاتُ العَطشى

تحتاجُ مُعظمُ النباتاتِ إلى مَدَدٍ مُستمِرٍّ من الماء لِتبقى حيّةً. فخِلالَ فترةِ الجَفافِ تموتُ نباتاتٌ كثيرةٌ حتّى المُستقِرُّ منها. ومِنَ الأعراضِ البيِّنةِ على أنَّ الأشجارَ لا تحصُلُ على كِفايتِها من ماءِ المطَرِ مَوَاتُ أغصانِها العُليا وأسمِرارُها.




حرائقُ الأدغال

تحدثُ حرائقُ الأدغالِ كثيرًا في المناطقِ الجافّةِ الحارّة، فتَحرِقُ الدَّغَلَ مُفسِحةً المجالَ أمامَ نبتٍ جديدٍ لِينمُوَ ويتكاثرَ - عِلمًا أنَّ الحرارةَ ضروريّةٌ لإنتاشِ بعضِ البُزور. فبعضُ أنواعِ نباتِ الأدغالِ يَنقرِضُ حيثُما يَمنَعُ الناسُ حُدوثَ الحرائقِ فيها. وهنالكَ أتّجاهٌ إلى تركِ حرائقِ الأدغالِ تأخذُ مَجراها شَرْطَ ألّا تُهدِّدَ حياةَ المُواطِنين.

لمزيد من المعلومات انظُر

السُّحُب ص ٢٦٠
الثّلج ص ٢٦٦
البَرَد ص ٢٦٧
دُوراتٌ في الغِلافِ الحَيَويّ ص ٣٧٢
الصَّحارى ص ٣٩٠
حقائقُ ومَعلومات ص ٤١٦

الثَّلْج

لا تُوجَدُ كِسفتانِ ثلجيَّتان مُتماثلتَين تمامًا؛ وتتألَّفُ الواحدةُ من بِلَّوراتٍ جَليديَّةٍ مُتماسكةٍ من بُخارِ الماءِ المُتجمِّدِ. وتُقسَمُ أشكالُ البِلَّوراتِ الجليديَّةِ إلى حوالى ٨٠ صِنفًا، منها الإبَريُّ والمَوشوريُّ واللَّوحيُّ والسُّداسيُّ والعَموديُّ الشَّكل. يَعتمِدُ شكلُ البِلَّورةِ على درجةِ الحرارة والإرتفاعِ والمُحتوى المائيِّ في السَّحابة التي تكوَّنَتْ فيها. أمَّا الثَّلْجُ فقد يكون «رَطْبًا» أو «جافًّا». ويتألَّفُ الثلجُ الرَّطْبُ من كِسَفٍ ثلجيَّةٍ كبيرة؛ ويتكوَّنُ في درجة التجمُّدِ أو دونَها قليلًا. وهو مِثاليٌّ لِلَّهْوِ بِكُرات الثلج، لكِنَّه عسيرُ الإزالة. أمَّا الثَّلْجُ الجافُّ فَمسحوقيُّ القوام وتَسهُلُ إزالتُه. وهُو يتكَوَّنُ في درجة حرارةٍ دونَ درجةِ التجمُّدِ بكثير. والشَّفْشافُ، في الغالِب، ثلجٌ نِصْفُ مُنصهِرٍ، أو مَطَرٌ نصفُ مُتجمِّدٍ يتكوَّنُ عندما تتبَخَّرُ قَطَراتُ المَطَر وتبرُدُ أثناءَ سُقوطها.

الهَياراتُ الثَّلجيَّة

يُمكِنُ حُدوثُ الهَياراتِ الثلجيَّةِ إذا زَادَ انحِدارُ السَّفحِ الجبليِّ على ٢٢°. فيتراكَمُ الثلجُ أكوامًا حتى تبدأ كمِّيةٌ صغيرةٌ منه بالانزلاق فتتجمَّعُ حَولَها كُتلٌ ثلجيَّةٌ يتعاظَمُ حجمُها أكثرَ فأكثرَ عبْرَ المُنحدَر. وقد ينجُم انطلاقُ الهَيارُ الثلجيِّ نتيجةً لِتساقُطِ الثلوج بكثافةٍ على الجليد، أو لارتفاع درجةِ الحرارة أو لِحركةِ مُتزلِّجٍ، أو حتى لاهتزازٍ أحدثَهُ ضجيجٌ مُرتفِع.

سطحُ القلانِسِ الجليديَّةِ الأبيضُ الصقيلُ يعكِسُ حرارةَ الشَّمسِ فيُبْقيها باردةً حتّى خِلالَ الصيف.

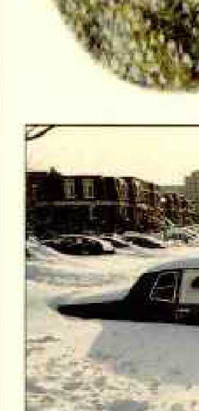
جميعُ الكِسَفِ الثلجيَّةِ سُداسيَّةُ النَّمطِ البِلَّوري.

الثَّلجُ الدائم

تتألَّفُ المثالجُ والقلانِسُ الجليديَّةُ من ثَلْجٍ لم يسبِقِ انصهارُه، بل انكبَسَتْ جميعُ البِلَّوراتِ والكِسَفِ الثلجيَّةِ فيه تحتَ وَزْنِ الثلجِ المتزايدِ المُتساقِطِ فوقَها. وتتكوَّنُ القَلانِسُ الجليديَّةُ والمثالجُ على قِمَمِ الجبالِ وعلى مَقرُبةٍ من القُطبَين.

كيف يتكوَّنُ الثلج

تتكوَّنُ البِلَّوراتُ الجليديَّةُ في سُحُبٍ تتراوحُ درجاتُ حرارتِها بينَ - ٢٠° و - ٤٠°س. وتَنشأُ الكِسَفُ الثلجيَّةُ بتماسُكِ البِلَّوراتِ الجليديَّةِ معًا وهي تَتساقَطُ رَطْبةً ثمَّ تتجمَّدُ مُجدَّدًا. وهي بَعْدَ سُقوطِها من سَحابةٍ، لا تَصِلُ إلى سَطحِ الأرضِ ثلجًا إلا إذا كانت درجةُ حرارةِ الهواءِ على، أو دُونَ، دَرجةِ التجمُّدِ على طولِ مَسارِها. أمَّا إذا كانتْ درجةُ الحرارة فوقَ درجةِ التجمُّد، فقد تتبَخَّرُ البِلَّوراتُ تمامًا أو تنصهِرُ وتسقُطُ شَفْشافًا أو مطرًا. أحيانًا، يُشاهِدُ السُّكانُ في أعلى ناطِحةِ سَحابٍ أنَّها تُثلِجُ، بينما يَنهمِرُ المطرُ على المارَّةِ في الشارعِ دُونَهُم.





الثَّلجُ القَرَنْفُليّ

الثَّلجُ ليسَ أبيضَ دائمًا - فقد يكُونُ قَرَنفُليًّا أو أسمَرَ أو مُحمَرًّا. الثلجُ القرنفُليُّ، المُبيَّنُ في الصورة، موجودٌ في غرينلَند، ويعودُ لونُه إلى لَونِ الطحالبِ التي تعيشُ فيه. وهذا الخِضْبُ الذي يُلَوِّنُ الطحالبَ يَقيها أيضًا في ظُروفِ البَرْدِ القارِس.

رَكْمُ الثلوج

عندما يتكدَّسُ الثَّلجُ أركامًا، قد يُحْصَرُ الناسُ في أماكنِ تَواجُدِهم - في السيَّارات أو داخِلَ المنازِل. وإذا طُمِرَ الناسُ، أو الحيواناتُ، في الثَّلجِ فيُمكِنُهم البَقاءُ على قَيدِ الحياةِ فترةً طويلة، لأنَّ الثَّلجَ الساقطَ حديثًا يحوي هواءً، في الفجَواتِ بين البِلَّوراتِ الجليديَّة، يُمكِنُ تَنفُّسُه.

لمزيد من المَعلومات انْظُر

إنتِقالُ الحَرارة ص ١٤٢
الجَليدُ والمَثالِج ص ٢٢٨
دَرَجاتُ الحرارة ص ٢٥١
السُّحُب ص ٢٦٠
مَناطِقُ القُطبَين والتَّندرا ص ٣٨٢

البَرَد

البَرَدُ قَطَراتٌ من المطَرِ المُتجمِّد تتكوَّنُ داخلَ سَحابَةٍ مُزْنيَّةٍ رُكاميَّة شاهِقة حيثُ الطبقاتُ السُّفلى أدفأُ بشكلٍ ملحوظٍ من درجة التجمُّدِ في الطبقات العُليا. هذا الفَرْقُ في درجةِ الحرارة داخلَ السَّحابة يُحدِثُ تيَّاراتٍ هوائيَّةً قويَّةً تتقاذَفُ قطراتِ المَطر صعُودًا إلى نُطقِ التجمُّد العُليا وهبُوطًا إلى النُّطقِ الأدفأ. وكَيْ تَظَلَّ حَبَّةُ البَرَد في السَّحابة وَقتًا كافيًا لِتُصبِحَ بحَجْم حبَّةِ البَسلَّى يَنبغي أن تتقاذَفَها التيَّاراتُ صعُودًا وهبُوطًا بسُرعاتٍ تُقارِبُ ٣٠م في الثانية (١٠٨كم/سا). وخِلالَ حَرَكةِ البَرَد هذه داخلَ السَّحابة ترتطِمُ حبَّاتُه بعضُها ببعض مُسَبِّبةً، أحيانًا كثيرة، انفِصالَ شِحْناتٍ كهربائيَّة تُحدِثُ البَرْقَ داخِلَ السَّحابة نَفْسِها أو بين السَّحابة والأرضِ أو بينَ سَحابةٍ وأُخرى.

طَبَقةٌ جديدةٌ من الجَليد تتجمَّدُ حَوْلَ حبَّةِ البَرَد.

أخيرًا تُصبِحُ حبَّةُ البَرَد من الثِّقَل بحيثُ لا يحتمِلُها جَوُّ السَّحابة فتسقُطُ إلى الأرض.

تيَّارُ الهواءِ الصاعِد يَحمِلُ حبَّةَ البَرَد ثانيةً إلى أعلى السَّحابة.

طَبقاتُ الجليد

يُبيِّنُ المَقْطَعُ العَرْضيّ المُقابِلُ بوضوحٍ أنَّ حبَّةَ البَرَد تتألَّفُ من طَبقاتٍ مُتراكِبةٍ كما البَصَلة. وتمثِّلُ كُلُّ طبقةٍ رِحلةَ صُعودٍ وهبُوطٍ قطعَتْها حبَّةُ البَرَد داخِلَ السحابة قَبْلَ سُقوطِها.

كيف يتكوَّنُ البَرَد؟

يَنشأُ البَرَدُ داخِلَ السُّحُبِ الرُّكاميَّةِ المُزنيَّة الشاهقة التي قد تتنامَى إلى ارتفاع ١٠كم. فالتيَّاراتُ الهوائيَّة القويَّةُ الصاعِدة داخلَ السَّحابة تستطيعُ حَمْلَ قَطَراتِ المطَر إلى طبقاتِها العُليا المُتجمِّدة. وحالَ هُبوطِ القَطْرةِ المُتجمِّدة، تَعودُ التيَّاراتُ الهوائيَّة فتقذِفُها ثانيةً إلى أعلى بحيثُ تتجمَّدُ طبقةٌ جديدةٌ من الجليد حَوْلَها. وتتكرَّرُ هذه العمليَّةُ عِدَّةَ مرَّاتٍ حتى تُصبِحَ حَبَّةُ البَرَد ثقيلةً، فتسقُطُ بِثِقْلِها إلى الأرض.

أضرارُ البَرَد

يتسبَّبُ البَرَدُ بأضرارٍ بالِغة، فيُتلِفُ المَحاصيلَ أو يجعلُها غيرَ صالحةٍ للبَيْع، كهذا التُّفاح في الصورةِ المُقابِلة. وقد تُحطِّمُ حبَّاتُ البَرَد الكبيرةُ زُجاجَ النوافذ وتَفُلُّ السيَّارات. وقد تَبيدُ أسرابُ الطيور الصغيرة إذا باغتَتْها العواصفُ البَرَديَّةُ دونَ غِطاء.



مَنْعُ البَرد

لقد جرَتْ عِدَّةُ مُحاولاتٍ لمنعِ أضرارِ البَرَد بأستِمطارِه؛ منها، مثلًا بإطلاقِ المدافعِ على السُّحُبِ كما تُبيِّنُ هذه الصورةُ عن مَجلَّةٍ فرنسيَّةٍ صادرةٍ عام ١٩١٠. ومُنذُ عَهدٍ قريب، أُعيدَتِ المُحاولةُ بإطلاقِ بَلُّوراتِ يُوديدِ الفِضَّة داخِلَ السُّحُب قَصْدَ تحويلِ حَبَّاتِ البَرَد إلى مَطَر، لكنْ لمَّا يَثبُتْ جدوى ذلك عَمليًّا.



حبَّاتُ بَرَدٍ قِياسيَّة

أحيانًا تَبلُغُ حبَّاتُ البَرَد حَجمَ البِلْيات (كُلَل اللعب) وأحيانًا أقلَّ، حجمَ كُراتِ التِّنِس. أمَّا الحُجومُ الضخمةُ، كتلك التي سقطَتْ في بنغلادش عام ١٩٨٦ وبلغَ وزنُ الواحدة منها ١٫٠٢كغ، فنادِرة. في الصورة أعلاه، حبَّةُ بَرَدٍ ضخمةٌ سقطَتْ في كنساس، بالولايات المتحدة، عام ١٩٧٠، وبلغَ مُحيطُها ٤٣٫٦سم ووزنُها ٧٦٥غ.

لمزيد من المعلومات انْظُر

انتِقالُ الحرارة ص ١٤٢
الكهربائيَّةُ السَّاكِنة ص ١٤٦
البَرْقُ والرَّعْد ص ٢٥٧
السُّحُب ص ٢٦٠
المَطَر ص ٢٦٤

الصَّقيعُ والنَّدى والجَليد

بَعْدَ غُروبِ الشَّمْس تبدأُ الأرضُ تفقدُ حرارتَها بالإشعاع – في حين لا يَفْقِدُ الهواءُ حرارتَه بالسُّرعة ذاتِها، فتغدو الأرضُ أبردَ من الهواء فوقها. ففي الليالي الساكنةِ الصافية يتكثَّفُ بُخارُ الماءِ في الهواء على سَطْحِ الأرضِ كقطراتِ نَدى. ويبدأُ هذا التكاثفُ على درجة حرارةٍ تُعرَفُ بنُقْطة النَّدى. وإذا هبَطتْ درجةُ حرارة الهواءِ إلى ما دونَ درجةِ التجمُّد، يتحوَّلُ بُخارُ الماء مُباشرةً إلى بلّوراتٍ جليديَّةٍ تُغَطّي كُلَّ شيءٍ بالصَّقيع. أحيانًا تتغطّى الأرضُ بطبقةٍ جليديَّةٍ شفَّةٍ تجعلُ الطُّرقَ زَلِقةً – ويحدُثُ ذٰلك حين يَسْقُطُ المطرُ عَبْرَ طبقةِ هواءٍ باردةٍ جدًّا على أرضٍ درجةُ حرارتها دونَ درجةِ الصفر المئويَّة، فيتجمَّدُ المطرُ إلى جَليدٍ يَبدو قاتِمًا لأنَّ الأرضَ تُرى من خِلالِه.



دلواتٌ جَليديَّةٌ مَقلوبة

تتكوَّنُ «الدَّلَوات» الجليديَّةُ أحيانًا كبَرْزاتٍ في البُرَيكات الضَّحلة أو مَغاطِسِ العَصافير، لأنَّ الماءَ المُتجمِّدَ يتمدَّدُ فيدفعُ قُبَّةً صغيرةً من الجليد صُعُدًا. فإذا تشقَّقتِ القُبَّةُ بتزايُدِ التجمُّد يندفعُ الماءُ من تحتها عَبْرَ الشَّقِّ ويتجمَّد. وبتكرار هٰذه العمليَّةِ عِدَّةَ مرَّاتٍ تتكوَّنُ البَرْزاتُ (النتوءات) الجليديَّة.



بِرْكَةُ نَدى

النَّدى الذي يتكوَّنُ خلالَ الليل يُغَطّي سَطْحَ الأرض في الصباح الباكرِ؛ وعندَ شُروقِ الشَّمْسِ وانبعاثِ الدِّفءِ يتبخَّرُ في الهواء. يَصْنَعُ بعضُ المُزارعينَ بِرَكًا للنَّدى – لَيْسَتْ سِوى حُفَرٍ واسعة ضَحلةٍ في المواقع الخفيضةِ من حُقولِهم – يتجمَّعُ فيها النَّدى فتَشربُه الحيواناتُ عند طُلوعِ النَّهار. وقد تتواجدُ بِرَكُ النَّدى هٰذه طبيعيًّا.

الصَّقيعُ الفِضّيّ

يحدثُ الصَّقيعُ غالبًا في الليالي الباردةِ حينَ السماءُ خاليةٌ من السُّحُب التي تُعيقُ شَعَّ الحرارةِ من الأرض. والصقيعُ الفضيُّ هو الأكثرُ شُيوعًا حيثُ يُغَطّي سطحَ الأرض وأوراقَ الأشجار وأغصانَها، وحتّى شِباكَ العناكِب، بطبقةٍ رقيقةٍ من البلّوراتِ الجليديَّةِ الدقيقة. ويكونُ الصقيعُ الفضيُّ أحيانًا من البياضِ والسَّماكةِ بحيثُ يبدو كطبقةٍ من الثلج.



الماءُ المُتجمِّد

في الطَّقس البارد جدًّا قد تتكوَّنُ طبقةٌ من الجليدِ فوقَ الأنهارِ والبُحيرات؛ وقد تبدو سَميكةً قويَّةً عندَ أطرافِها، لكنَّها تحوي بُقَعًا واهِنةً حيثُ يَرِقُّ الجليد. لِذا مِنَ الخَطرِ السَّيْرُ على الماءِ المُغَطّى بالجليد. الأسماكُ لا يَضيرُها هذا الغِطاءُ الجليديّ، بل هو في الواقع يَحميها إذْ يمنعُ تجمُّدَ المياهِ تحتَه.




سَمَكُ الجليد في القارةِ القُطبيَّة (الجنوبيَّة)

إنَّ المياهَ حَوْلَ القارَّةِ القُطبيَّةِ الجنوبيَّة شديدةُ البُرودة بحيث تُجمِّدُ الدَّمَ في عُروقِ الأسماكِ العاديَّة. أمَّا الأسماكُ التي تعيشُ في تلك المياه فقد طوَّرتْ طبيعيًّا بعضَ الكيماويَّاتِ في دَمِها لمُقاومةِ التجمُّد – تمامًا كما يمنعُ مُقاوِمُ التجمُّدِ تجمُّدَ الماءِ في مُشِعِّ السَّيّارة أثناءَ بَرْدِ الشتاء.

تَجمُّدُ البَحْر

لا تتجمَّدُ البِحارُ عادةً لأنَّ الماءَ المالحَ يتجمَّدُ على درجةِ حرارةٍ دونَ درجةِ تجمُّدِ الماءِ العَذْب. لكنَّ شِدَّةَ البُرودةِ قد تُجمِّدُ ماءَ البَحْر، بخاصَّةٍ على مَقْرُبةٍ من السَّواحل.

لمزيد من المعلومات انْظُر

تغيُّراتُ الحالة ص ٢٠
إنتِقالُ الحرارة ص ١٤٢
الجليد والمثالج ص ٢٢٨
الثلج ص ٢٦٦
مناطقُ القُطبَيْن والتَّندرا ص ٣٨٢

ظَواهِرُ وتأثيراتٌ غيرُ عاديَّة

النُّطُقُ اللَّونيَّةُ لِقَوْسِ قُزَحَ أو لِمَغيبٍ بَهِيٍّ مألوفةٌ لِكُلٍّ مِنّا ؛ لكِنَّ أنماطَ الطقسِ المُتغيرةَ قد تُدهِشنا بِخُدَعٍ بَصريَّةٍ أخرى غيرِ عاديَّة. فقد تُحدِثُ أعمدةً من الضوءِ في الفضاء، وهالاتٍ حَوْلَ الشَّمْسِ والقَمَر، وتشَوُّهاتٍ غريبةً في شَكلِ الشَّمْسِ عند المغيب. إنَّ تلألُؤَ النُّجومِ ليلًا لا عَلاقةَ له بالنجومِ ذاتِها، بل تُسَبِّبُه تأثيراتُ الهواءِ في الضوءِ المارِّ عَبْرَه. وأحيانًا يُرينا انْكِسارُ الضوءِ في الجوِّ صُوَرًا حقيقيَّةً أو سَرابيَّةً لأجسامٍ بعيدة.

شُعاعٌ ضَوئي

قَطْرةُ مطر

تَحلُّلُ ضَوءِ الشَّمْس

تعمَلُ قَطْرةُ المطرِ كمَوشورٍ صغير، فينكسِرُ شُعاعُ الضوءِ النافِذُ إليها وينعكِسُ بداخِلِها، ثُمَّ ينكسِرُ ثانيةً وهو يُغادِرُها.



نارُ القديس إلمو

في الأجواءِ العاصفةِ قد يُشاهَدُ تَوَهُّجٌ كُرويٌّ أخضرُ مُزرَقٌّ كالبَرْقِ على الأجسامِ المُستدِقَّةِ الأطراف. وقد أطلقَ البَحّارةُ على هذه الظاهرةِ فوقَ صواري السُّفُنِ اسمَ نارِ القديس إلمو. ويُشاهَدُ هذا التوَهُّجُ اليومَ أحيانًا على أطرافِ أجنحةِ الطائراتِ ومانِعاتِ الصواعق.



السَّراب

السَّرابُ يقترِنُ ذِهنيًّا بالصحارى الحارَّة؛ لكن يمكِنُ مُشاهدتُه على طريقٍ مُعَبَّدةٍ في يومٍ حارّ. المعروفُ أنَّ الضوءَ ينكسِرُ (ينحني) أثناءَ انتقالِه من الهواءِ الدافئِ إلى الهواءِ البارد. فعندما يكونُ الهواءُ الملامِسُ لِسَطحِ الطريقِ أسخَنَ من الهواءِ فوقَه، تنكسِرُ أشعَّةُ الضوءِ صُعُدًا بحيث تبدو كأنَّها آتيةٌ من غيرِ المكانِ الذي انطلقَتْ منه؛ لِذا يبدو السطحُ كأنَّه بِركةُ ماء. والواقِعُ أنَّ ما نَراهُ هو صورةٌ لِلفضاء، لأنَّ أشعةَ الضوءِ من الجوِّ تبدو كأنَّها آتيةٌ من سَطحِ الطريق.

ينقلِبُ تَرتيبُ الألوانِ في قوسِ القُزَحِ الثاني إن وُجِد.

ألوانُ قَوْسِ قُزَحَ من الخارجِ إلى الداخلِ هي كما يلي: الأحمرُ، البرتقاليُّ، الأصفر، الأخضر، الأزرق، النِّيليّ والبنفسجيّ.

أقواسُ قُزَحَ

يُمكِنُكَ مُشاهدةُ قوسِ القُزَحِ فقط عندما تكونُ الشَّمْسُ خَلْفَكَ ورَذُّ المطرِ أمامَك. فهذه الأقواسُ تتكوَّنُ عند نَفاذِ أشعةِ الشَّمْسِ في ملايينِ قَطَراتِ المَطر. تعمَلُ القطراتُ المُعلَّقةُ في الهواءِ كمَوشوراتٍ صغيرةٍ تُحلِّلُ ضوءَ الشَّمْسِ المارَّ خِلالَها، كما هو مُوَضَّحٌ أعلاه، إلى ألوانِ الطيفِ السَّبعةِ التي تُؤلِّفُ قَوْسَ القُزَح. وقوسُ القُزَحِ هو في الواقعِ جُزءٌ من دائرةٍ كاملةٍ تَحجُبُ الأرضُ مُعظمَها. لكِنْ من ارتفاعٍ شاهِقٍ، من طائرةٍ مثلًا، ومع شيءٍ من الحَظّ، قد تُشاهِدُ الدائرةَ اللَّونيَّةَ كامِلةً.

هالَتا القَمَر

تتكَوَّنُ هالَتانِ حَوْلَ القَمَرِ أحيانًا عندما ينفُذُ ضوءُ القمرِ عَبْرَ بِلَّوراتٍ جليديَّةٍ عاليةٍ في الفضاء. فيرتَدُّ الضوءُ المُنعكِسُ على البِلَّوراتِ بزاويتي ٢٢° أو ٤٦° مُؤلِّفًا هالتَينِ مُنفصِلتَين. وتكونُ الهالتانِ عادةً غيرَ مُكتمِلتَين، وغالبًا ما تُشاهَدُ الصُّغرى منهما فقط. هذا ويُمكِنُ مُشاهدةُ هالاتٍ حَوْلَ الشَّمْسِ أيضًا.

هالَتا القَمَر



جون تِينْدال

اهتَمَّ العالِمُ البريطانيّ، جون تِينْدال (١٨٢٠-١٨٩٣)، بدراسةِ المَثالج، وكان من أوائلِ مُتَسلِّقي جبلِ ماتِرْهورن في الألبِ السويسري. وله أيضًا أبحاثٌ في الضوءِ وظاهرةِ استِطارتِه بالجُزيئاتِ الكبيرةِ والغُبار. هذه الظاهرةُ المعروفةُ باسمِه هي سببُ رؤيتِنا لِحُزَمِ الأشعةِ من نُورِ الشَّمْس. وارتأى تيندال أنَّ زُرقةَ السماءِ عائدةٌ إلى كَوْنِ استِطارةِ الجُزْءِ الأزرقِ من نُورِ الشَّمْسِ في السَّماءِ أيسَرَ كثيرًا من استِطارةِ سِواهُ من الألوانِ الأخرى؛ وقد أثبتَ أينشتين صِحَّةَ ذلك فيما بَعْد.



شَبَحُ بْرُوكِن

يُمكِنُ مُشاهَدةُ ظاهرةٍ فريدةٍ عندما تكونُ الشَّمْسُ خفيضةً في السماء، بخاصَّةٍ في المناطقِ الجبليَّة - إذ تبدو ظِلالُ الأشياءِ والناسِ ضخمةً هائلةً على الضبابِ أو السُّحُبِ الواقعةِ تحتها. ويُعرَفُ هذا الظِّلُّ بشبحِ برُوكِن نِسبةً إلى جَبَلِ برُوكِن في ألمانيا - حيث تُشاهَدُ هذه الظاهرة.

لِمزيد من المعلومات انْظُر

الكهربائيَّةُ السّاكنة ص ١٤٦
الانكِسار ص ١٩٦
الضوءُ والمادَّة ص ٢٠٠
الظِّلال ص ٢٠١
الألوان ص ٢٠٢
الجوّ ص ٢٤٨

التَّنبُّؤُ بالأحوال الجويَّة

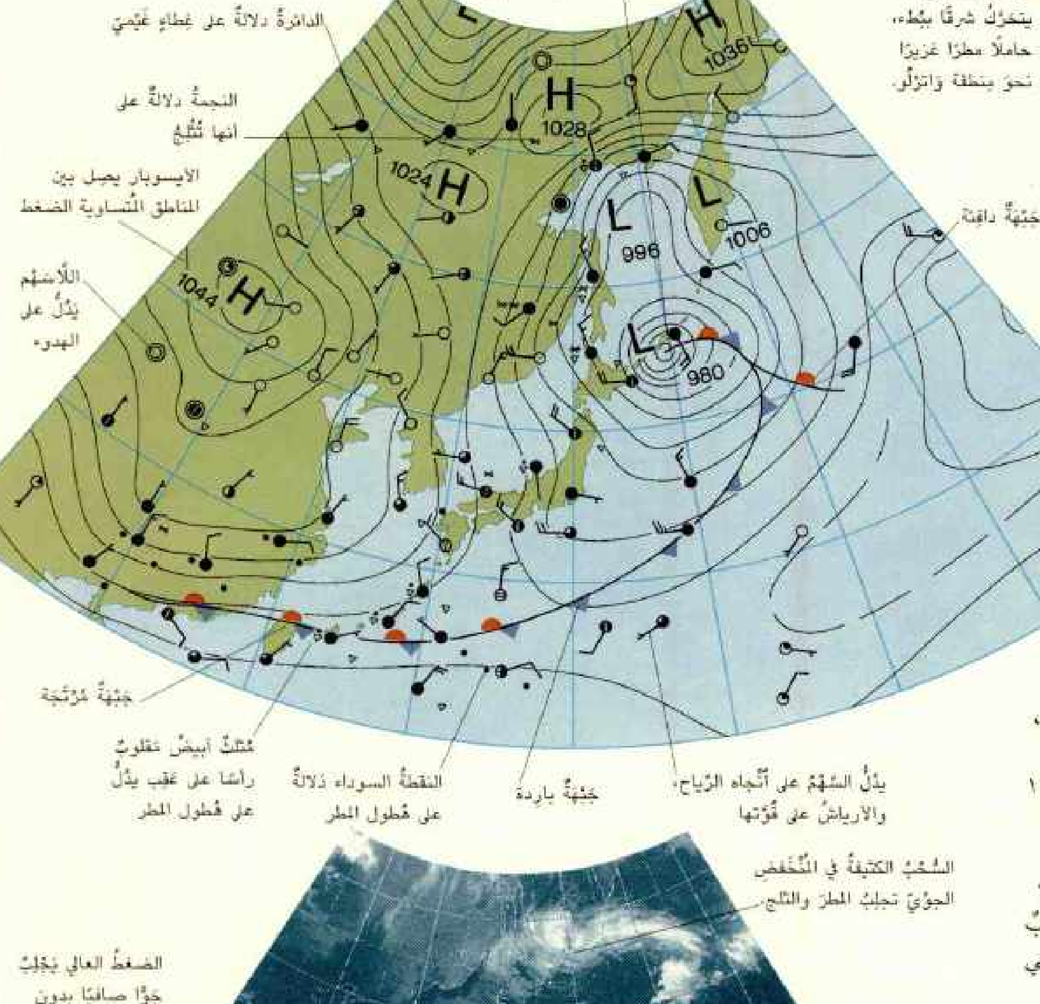
ماذا سَتكونُ عليه حالُ الطَّقسِ اليوم؟ إنَّ التَّنبُّؤَ بِدقَّةٍ عن الطَّقس يتطلَّبُ تجميعَ معلوماتٍ من جميعِ أنحاءِ العالَم. هنالِكَ نوعانِ من التنبُّؤ – نوعٌ طويل المدى يُنْبِئُ بأحوال الطَّقس عُمومًا خِلالَ الأسبوع المُقبِل، ونوعٌ قصيرُ المدى يُنْبِئُ بأحوال الطقسِ مُفَصَّلَةً لِلأربع وعشرينَ ساعةً التالية. أكثرُ المُهتمينَ بِتنبُّؤاتِ الأحوال الجويَّةِ من غير العسكريين هي مُنَظَّماتُ الطيران المدنيّ، كشركاتِ الطيران والمطارات التي تحتاجُ إلى مَعرفة أحوالِ الجوّ على ارتفاعات مُختلفة. كذلك تحتاجُ شركاتُ الملاحةِ البَحْريَّةِ إلى التحذير من العواصف؛ وتحتاج مَحطاتُ القُدرة إلى معرفة أوقاتِ البَرْد المُتوقَّعة كيْ يُصارَ إلى تقدير وتلبيةِ كميَّاتِ الطلَب على الطاقة. كما يَحتاجُ المُزارعون إلى تنبُّؤاتِ الطَّقس لِيَستطيعوا تنظيمَ أوقاتِ الحَصادِ وحِمايةَ المحاصيل. وأنتَ أيضًا تحتاجُ إلى نشَراتٍ جويَّةٍ يوميَّةٍ لمعرفة نوعِ الملابس التي سَترتديها، وما إذا كان عليك حَمْلُ المِظلَّةِ حتى ولو بَدا لك الطَّقسُ مُشمِسًا.

العلامةُ الدالَّة على الرَّعْد تحدِّدُ موقعَ المعركة

مُنخفَضٌ جَوِّيٌّ يتحرَّكُ شرقًا ببُطء، حاملًا مطرًا غزيرًا نحوَ منطقة واترْلُو.

الطَّقسُ في التاريخ

بالرُّجوع إلى السِّجلَّات القديمةِ يَستطيع الخُبراءُ رَسْمَ خرائط الطَّقس لأيامٍ مُعيَّنةٍ في التاريخ. فالخريطةُ أعلاه، تُبيِّنُ أحوالَ الطقسِ في الليلة السابقة لِمعركة واترْلُو في ١٧ حزيران (يونيو) عام ١٨١٥. والمعروفُ أنَّ المعركةَ كانت بين جيشِ الإمبراطور الفرنسي نابليون، وبين جيشِ الحُلفاء بقيادة دُوق وِلنْغتون. فقد أدّى هطولُ المطرِ الغزيرِ إلى توحُّلِ أرضِ المَعركة ممّا اضطرَّ الفرنسيين إلى تأخير هُجومِهم. فساعدَ هذا التأخيرُ على تدفُّقِ المزيدِ من الفِرَق العسكريَّةِ لِمُساندة جيشِ وِلنغتون وانتصارِه في المعركة.



خريطةُ طَقسٍ من اليابان

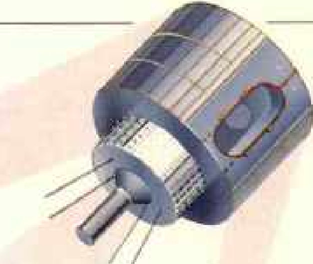
يَرْسُمُ المُتنبِّئون خرائطَ لِلطَّقسِ تُبيِّنُ توقُّعاتِهم لمختلِف الظُّروف والأحوالِ الجويَّة – كدرجةِ الحرارة والرِّيح والضغط وهُطول المطر وغيرها، مُستخدمينَ رُموزًا مُتَّفقًا عليها دوليًّا. فالخريطةُ المُعَدَّةُ ليوم ١٦ كانون الأول (ديسمبر) عام ١٩٩٢ تُبيِّنُ تشكُّلَ مُنخفضٍ جوّيٍّ فوقَ اليابان. فالرِّياحُ القويَّةُ تهُبُّ حَوْلَ المُنخفَض باتِّجاهٍ ضِدَّ اتِّجاه عَقاربِ السّاعة مُدَوِّرةً جَبَهاتٍ من الهواء الدافئ والبارِدِ معه. فطقسُ اليابان المتوقَّعُ عاصفٌ رطبٌ – بينما يُسيطرُ مُرتفعٌ جَوّيٌّ إلى الغرب – مِمّا يعني أنَّ الطَّقسَ في الصين باردٌ وجافٌ.

السُّحُبُ الكثيفةُ في المُنخفَض الجوّيّ تجلبُ المطرَ والثلج

الضغطُ العالي يَجلِبُ جوًّا صافيًا بدون تَساقُط.

مَنظَرٌ من الفضاء الخارجيّ

تُلتقَطُ صُوَرٌ لِلسُّحُبِ من الفَضاء الخارجيّ بواسطةِ سَواتِلِ رَصْد الطَّقس، فتُبيِّنُ الأحوالَ الجويّة بنظرةٍ خاطفة. الصورةُ السّاتليَّةُ هُنا تُبيِّنُ أنماطَ السُّحُبِ المرافقة لِخريطة الطَّقس أعلاه – فيُلاحَظُ أنَّ السُّحُبَ تُشكِّلُ عقدةً كثيفةً على مَقرُبةٍ من مركزِ المُنخفَضِ الجوّيّ، مع مَزيدٍ من السُّحُب المُنتشِرة على امتِداد خطِّ الجَبْهة.



السَّواتِل

تُجمَعُ المعلوماتُ من الأرضِ بواسطةِ السَّواتِلِ وتُبَثُّ إلى مَحطاتِ الرَّصْدِ الجوّيِّ كُلَّ ٣٠ دقيقةً مُرفقةً بصورٍ لأنماطِ السُّحُبِ المُتواجِدة.

جَمْعُ المَعلومات

تضُمُّ مُنظَّمةُ الأرصادِ الجويّةِ العالميّةِ ١٥٠ بلدًا تَفيدُ كُلُّها من المعلوماتِ المُتجمِّعة في المراكزِ العالميةِ لِرَصْدِ الأحوالِ الجويّة. فتُجمَعُ كُلَّ يوم مُعطياتٌ من حوالى ١٠،٠٠٠ محطةٍ أرضيّةٍ و ٧٠٠٠ سفينة ومِئاتِ الطائراتِ والمناطيدِ وعِدّةِ سَواتِل، في مراكزَ خاصّةٍ في موسكو بروسيا، وواشنطن العاصمة بالولايات المتحدة، وملبُورن بأستراليا. وتُنَظِّمُ النشراتِ الجويّةَ الإقليميّةَ والدوليّة، وتُرسَلُ إلى الأعضاءِ في المنظمة؛ فيُرسِلُ هؤلاءِ بدَورِهم تلك المُعطياتِ إلى مكاتِبِ الأرصادِ الجويّةِ المَحلّيّةِ التي تُعِدُّ بدَورِها النشراتِ الجويّةَ الخاصّةَ بالبلدِ العُضو.



السُّفُن

تَقيسُ سُفنُ الرَّصْدِ الجوّيِّ الضغطَ ودرجةَ الحرارةِ في مُستوى سطحِ البَحر، كما تَقيسُ درجةَ حرارةِ البحرِ ذاتِه. وتُطلِقُ أيضًا بالوناتِ الرَّصْدِ الجوّيِّ لتبعثَ المعلوماتِ عن أحوالِ الجَوِّ على ارتفاعاتٍ مُختلِفة.



الحواسيب

تُغَذّى النُّظُمُ و«النماذِجُ» الحاسوبيّةُ بالمعلوماتِ الأرصاديّة من سائرِ أنحاءِ العالَم، فتقومُ الحواسيبُ بتنظيمِ التنبُّؤاتِ عن أحوالِ الطَّقسِ المُتوقَّعة.

الطَّوافي الأوتوماتيّة

تُستخدمُ طوافي (ج. طافية) الرَّصْدِ الجوّيّ، بَدَلَ السُّفُنِ ذاتِ الطواقِم؛ لِتُسجِّلَ المعلوماتِ عن الطقسِ المحلّيّ على مُستوى سطحِ البحر وتَبُثَّها إلى السَّواتِل.



مَسابيرُ الرَّصْدِ اللاسلكيّة

تحمِلُ المناطيدُ المُعبّأةُ بالهِليوم رِزَمًا من المُعدّاتِ إلى الجَوّ تُعرفُ بِمَسابيرِ الرَّصْدِ اللاسلكيّة. وبالإضافة إلى ما تَبعثُه هذه المسابيرُ من مُعطياتٍ عن الضغوطِ ودرجاتِ الحرارة، فإنَّه يمكِنُ تعقُّبُها لِتبيُّنِ سُرعاتِ الرّياحِ المُختلِفة.





تُطلَقُ مَسابيرُ الرَّصْدِ اللاسلكيّةُ مرّتينِ في اليوم على الأقلّ.

الطائرات

تحمِلُ طائراتٌ خاصّةٌ آلاتِ الرَّصْدِ إلى الجَوّ. وهي أحيانًا تَبُثُّ قياساتِها توًّا إلى الأرض، أو تُسجِّلُ قياساتِها المُختلِفةَ وتعودُ بها إلى الأرض.

المَحطّاتُ الصغيرة

يُؤدّي بعضُ الأفرادِ دَورًا مُهمًّا في رَصْدِ الطَّقسِ بواسطةِ آلاتِ رَصْدٍ بسيطة، وهم يبعثون بمَعلوماتِهم عن أحوالِ الطَّقسِ المحلّيّةِ إلى مَحطّةِ رَصْدٍ رئيسيّة.



إستِخدامُ التنبُّؤاتِ الجويّة

لا غِنًى لِلمطاراتِ عن تنبُّؤاتِ الأحوالِ الجويّة، بخاصّةٍ في طَقسٍ رَديء، كي تُتَّخذَ التدابيرُ وتجهَّزَ المُعدّاتُ لإبقاءِ المدارجِ سالِكة. ويُعتبَرُ الثلجُ والجليدُ أسوأَ ما يُهدِّدُ حركةَ الطائراتِ من أخطار؛ كما إنَّ التحذيراتِ مِنَ الرّياحِ العاتيةِ مُهمّةٌ أيضًا.



المحطّاتُ المُؤتمتة

في المناطقِ النائيةِ تُجمَعُ معلوماتُ رَصْدِ الطَّقسِ في مَحطّاتٍ غيرِ مأهولة، ثمَّ تُرسَلُ أوتوماتيًّا عن طريقِ ساتِلٍ فضائيٍّ إلى مراكزِ الأرصادِ الجويّة. وتُقامُ مَحطّاتٌ مُماثِلةٌ على بعضِ منصّاتِ النِّفطِ البحريّةِ البعيدةِ عن الشاطئ.

لويس فْراي ريتشاردْسون

إستنبطَ الرياضيُّ البريطانيُّ، ل. ف. ريتشاردْسون (١٨٨١-١٩٥٣)، طريقةً لاستخدامِ التقنيّاتِ الرياضيّةِ في التنبُّؤ عن الأحوالِ الجويّة. أنجزَ ريتشاردسون نظريّتَه أثناءَ خِدمتِه العسكريّةِ في فِرقةِ الإسعاف خلالَ الحربِ العالميّةِ الأولى؛ لكنَّ مَخطوطتَه فُقِدتْ عام ١٩١٧ في إحدى المعارك، ثمَّ وُجِدتْ بَعْدَ عِدّةِ أشهُرٍ تحتَ كُومةٍ من الفَحْم. وقد نُشِرَ عَملُ ريتشاردْسون عامَ ١٩٢٢، لكِنَّ أفكارَه لم يُمكِن تطبيقُها إلا حينَ اختُرِعَ الحاسوبُ الإلكترونيُّ بَعْد ٢٠ سنة.

لمزيد من المعلومات انْظُر

ضَغْطُ الهواء ص ٢٥٠
الجَبَهاتُ المُناخيّةُ ص ٢٥٣
قوّةُ الرِّياحِ ص ٢٥٦
تكوُّنُ السُّحُب ص ٢٦٢
رَصْدُ الطَّقس ص ٢٧٢
السَّواتِلُ (الأقمار الصناعيّة) ص ٣٠٠
حقائقُ ومَعلومات ص ٤١٦

رَصْدُ الطَّقْس

على مَدى آلافِ السِّنين، قَبْلَ اختِراعِ آلاتِ رَصْدِ الطَّقْسِ في القَرْنِ السَّادس عشَر، كان النَّاسُ يَرقُبون المَظاهِرَ الطبيعيَّةَ وشَكْلَ السَّماءِ والغيومَ، وأوضاعَ الشَّمْسِ والقَمَرِ وأحيانًا سُلوكَ الحيواناتِ والنَّباتاتِ لِتعَرُّفِ أحوالِ الطَّقْس. ولقد نشأ عن تِلكَ الخِبراتِ الكثيرُ من الأقوالِ المأثورةِ في علاماتِ الطقسِ المُتوقَّعِ تَناقلَتْها الأجيالُ على مَرِّ السِّنين فغَدتْ جُزءًا من التُّراثِ الشَّعبيِّ عندَهُم. إنَّ كَثرةً من هذه العلاماتِ والأمثالِ هي أكثَرُ من تُراثٍ شَعبيٍّ - فهي غالبًا ما تَصِحُّ في مَجالِ الرَّصْدِ الجَوِّيِّ. إنَّ المُراقبةَ الدقيقةَ لِأحوالِ الطقس، مُعَزَّزةً بالقياساتِ البسيطةِ لِدرجاتِ الحرارة والضغطِ الجَوِّيِّ تجعَلُ عمليةَ التنبُّؤِ الذاتيِّ بالأحوال الجويَّةِ المَحليَّةِ مَصدَرًا مَوثوقًا يُعَوَّلُ عليه.

إحمِرارُ السَّماء

يَحمَرُّ الأفُقُ عادةً عندَ الفَجْرِ والغَسَق، لكنْ نَعْيُم السَّماءِ يَحجُبُ هذا التلوُّن. في أوروبا وأمريكا الشماليَّة، تحمِلُ الرِّياحُ التغيُّراتِ في الأحوالِ الجويَّةِ من الغرب. فإذا اشتدَّتْ حُمرةُ الشَّفَقِ عندَ الغروبِ فذلكَ يَعني أنَّ الطقسَ المُقبِلَ سيكونُ صافيًا. أمّا حُمرةُ السَّماءِ عند الصباحِ فتعني أنَّ الطَّقسَ الجيِّدَ يُشارِفُ نِهايتَه.

السَّقفُ المُزدوِجُ يَصُدُّ حرارةَ الشَّمس.

الوِقاءُ الاباجوريُّ يُظَلِّلُ آلاتِ الرَّصْدِ من شُعِّ الشَّمسِ المُباشِر، وتُيسِّرُ شُقوقُ التَّهويةِ في جوانبِ الصُّندوقِ دَورانَ الهواءِ بِحُرِّيَّةٍ داخِلَه.

ترمومتر ذو بُصيلةٍ مُخَضَّلة وأُخرى جافّة

تُغمَرُ البُصيلةُ المُخَضَّلةُ في ماءٍ مُقطَّر؛ وخِلالَ عمليَّةِ التبخُّر تُمتَصُّ الحرارةُ من التُّرمومتر.

تُقامُ جميعُ صناديقِ ستيڤنْسون الأباجوريَّةِ لِلرصدِ الجوِّيِّ على عُلُوِّ ١،٢م كي يُمكِنَ مُقارنةُ جميعِ القياساتِ بِدقَّة.

صَناديقُ سْتيڤنْسون الأباجوريّة

تَستخدِمُ مُعظَمُ مَحطّاتِ الرَّصْدِ الجَوِّيِّ والكثيرُ من المدارسِ صناديقَ ستيڤنْسون الأباجوريَّة. وقد يَحوي الواحدُ منها تِرمومترًا ذا بُصيلةٍ مُخضَّلةٍ وأُخرى جافَّةٍ لِقياسِ الرُّطوبةِ النسبيَّة، التي تتغيَّرُ بتغيُّرِ درجاتِ الحرارة، والتي تُحتَسَبُ بواسطةِ جَدولٍ خاصّ. وقد يحوي الصندوقُ الأباجوريُّ أيضًا تِرمومِتْرَ النِّهايتَيْنِ العُظمى والصُّغرى ومُسجِّلاتٍ مِخطاطيَّةً لِلرُّطوبةِ ودَرجاتِ الحَرارة.

الكَرَزُ اليابانيّ

جَرَتِ العادةُ في اليابانِ على تَسجيلِ تواريخِ تَنويرِ (إزهارِ) أشجارِ الكَرَزِ مُنذُ عِدَّةِ قُرون. وقد ساعدَتْ تِلكَ التسجيلاتُ المُهتمِّينَ بالرَّصْدِ الجَوِّيِّ على معرفةِ نَوعيَّةِ الطَّقسِ منذُ مِئاتِ السِّنين، وما إذا كان فَصلُ الشتاءِ قارسًا أو الربيعُ مُبكِّرًا في أيِّ سَنةٍ من السِّنين.

المَواشي

يُعتَقَدُ شَعبيًّا أنَّ جُثومَ المَواشي في الحُقولِ دليلٌ على قُربِ هُطولِ المطر - إفتِراضًا أنّها بذلك تَضمَنُ لِنفسِها مَجثَمًا جافًّا. حتّى لو كانَ هذا الإفتراضُ صحيحًا، فالمُلاحَظُ أنَّ المواشي تَجثُمُ في أيِّ وَقتٍ. فلا يَدُلُّ جُثومُ قطيعٍ من البَقَرِ في حَقلٍ ما على قُربِ هُطولِ المَطَر!

رُكبَةٌ بَشريّة

تُعاني الحيواناتُ من الرَّثْيَةِ (الروماتزم) في مَفاصِلِها.

العِظام

خلالَ فَتراتِ الطَّقسِ اللطيفِ المُعتدِلِ قد لا يَشعُرُ مُعانو الرَّثْيَةِ (الروماتزم) بالألَم، لكنْ مَعَ اقترابِ الطقسِ الرَّطْبِ البارِد، فإنّهم يبدأون «التحَسُّسَ في عظامِهِم»!



يُصبِحُ مَلمَسُ عُشبةِ البَحْرِ رَطْبًا عِنْدَ اقترابِ هُطولِ المَطَر.

العُشبُ البَحريّ

يُمكِنُكَ استخدامُ عُصبَةٍ من عُشبِ البَحْرِ الأسمَرِ (الكِلْب) تَجلِبُها من الشاطئ، كَقِطعةِ الكِلْبِ هذه، لِتساعِدَكَ في مُراقَبةِ تقلُّباتِ الطَّقس. ففي الطَّقسِ الجافِّ تتبخَّرُ الرُّطوبةُ من عُصبَةِ الكِلْبِ فتُصبحُ قَصِفةً صُلبةً. وفي الطَّقسِ الرَّطْبِ تَمتَصُّ العُصبَةُ الرُّطوبةَ من الهواءِ فتغدو مُنتفِخةً طَريَّةً مُجدَّدًا. غيرَ أنَّ تغيُّراتِ عُشبةِ البَحْرِ تُنبِئُنا عن حالِ الطقسِ آنيًّا - لا عمّا سيكونُ عليه الطَّقسُ في أيامٍ مُقبِلة.

لِمزيدٍ من المعلوماتِ انْظُر

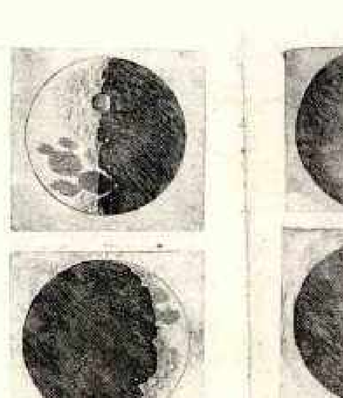
الضَّوءُ والمادَّةُ ص ٢٠٠
المُناخاتُ المُتغيِّرة ص ٢٤٦
ضغطُ الهواء ص ٢٥٠
دَرجاتُ الحرارة ص ٢٥١
الرُّطوبة ص ٢٥٢
السُّحُب ص ٢٦٠
ظواهِرُ وتأثيراتٌ غيرُ عاديّة ص ٢٦٩
التنبُّؤُ بالأحوالِ الجويّة ص ٢٧٠

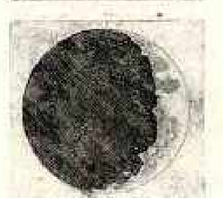
الفَضاء

عِندمَا تتطَلَّعُ نَحوَ السَّماءِ فأنتَ تَنْظُرُ إلى الفَضاءِ - حيثُ قد تَرَى النُّجُومَ والكواكِبَ ومَدًى شاسِعًا من الفَضاءِ الخاوي فيما بينَها. وقَد حاوَلَ النّاسُ منذُ القِدَمِ إدراكَ مَوقعِ الأرض في مَجالِها المَحَلّي المَحدودِ من هٰذا الفضاء ومع ما هو وراءَه من الكَوْنِ اللامَحدود. استَخْدمَتِ الحَضاراتُ الأُولَى تَحرُّكاتِ الأجرامِ السَّماويَّةِ أساسًا لِتقاويمِها ودَليلًا مُرشِدًا لِلملاحة البحريَّة وأحيانًا لاستِطلاع الأحداثِ المُستَقْبليَّة بالتَّنجيم. وقد حَاولَ الفلكيُّونَ الأوائلُ تعليلَ تَحرُّكاتِ تلكَ الأجرام؛ وراحوا منذُ القَرْنِ التاسِعَ عشَرَ يبحثونَ عن ماهيَّتِها ونَشأتِها. واليومَ تُتاحُ لِلفلكيينَ تِقْنيّاتٌ مُتطورةٌ بالغةُ الدِّقَّةِ والتعقيد لمُتابعَة أبْحاثِهم في محاولة فَهْمِ أسرارِ هذا الكَوْنِ الفَسيح.



في العام ١٦٠٩، كانَ عالِمُ الفَلَك الإيطالي، غاليليو غاليلي، أوّلَ شخصٍ يدرسُ الفضاءَ بمِقْرابٍ (تلسْكوب).





حينَ وجَّهَ غاليليو مِقرابَه نحوَ القَمَر شاهدَ وِهادًا وجبالًا لا تُرى بالعَيْنِ المُجرَّدة.

المقاريب (التِلسْكوبات)

كانَ لِلتكنُولُوجيَة، في مختلَفِ مَراحلِها، تأثيرٌ كبيرٌ على عِلم الفَلَك. ففي أوائلِ القَرْنِ السابعَ عشَرَ اختُرِعَ المِقْرابُ واستُخدِمَ للمرَّة الأولى لاستِطلاعِ الفَضاء. فكُشِفَ بُقَعًا على سَطحِ الشَّمْس، وأربعةٌ من أقمارِ المُشتري، ومَزيدًا لا يُحصى من النُّجوم. ومُنذئذٍ أصبحتِ التِلسْكوباتُ أكثرَ تَطوُّرًا وتَعقيدًا، وغدا أحدثُها يُستخدَمُ في قِياسِ مواقعِ النُّجوم وتحليلِ إشعاعاتِها والتِقاطِ صُوَرٍ فوتُوغرافيَّة لها.

مِقْرابُ غاليليو



الفَضاءُ المُوحِش

تَملأُ الكَوْنَ بلايينُ النُّجومِ والمَجرّات، ومعَ ذلكَ يَظَلُّ خاويًا نِسْبيًا. وَهو من اتِّساعِ المَدى بحيثُ إنَّ ضوءَ جميعِ بلايينِ النُّجوم لا يكفي لإنارته؛ فبَيْنَ النُّجومِ هنالكَ بَلايينُ الكيلومترات من الفَراغِ المُظلم البارد. والمعروفُ أنَّ الإنسانَ هو شَكلُ الحياةِ المُدْرِكُ الوَحيدُ في هذا الكَوْن؛ لِذا فالفضاءُ، بالنِّسبةِ لَهُ، مَكانٌ مُوحِشٌ حقًّا.

سابِرانِ فضائيّان، من طِراز فُوياجير، زارا كواكبَ المُشتري وزُحَل وأورانوس ونِبْتون في الفترة بين ١٩٧٩ وبين ١٩٨٩، فاثبتا بعضَ النظريّات العلميَّة كما حقَّقا أيضًا بعضَ الاكتِشافاتِ غيرِ المُتوقَّعة.

المَناطقُ الحُمْرُ تُبَيِّنُ مواقِعَ ابتعاثِ مُعظم الأشِعّة السِّينيَّة.

صُورة بأشِعّة إكْس لِكاسيُوبيا «أ» (بقايا مُتجدِّدٍ أعظم)

مُعَدّاتٌ حَديثة

يَستخدِمُ الفلكيُّونَ مُعَدّاتٍ حديثةً على الأرض، ويُرسِلُونَها أيضًا إلى الفَضاء لِلحُصول على مَشاهِدَ ومَعلوماتٍ أفضلَ عمّا يُحيطُ بنا. فالمقاريبُ الدائرةُ في مَداراتِها حَوْلَ الأرض تستطيعُ رؤيةَ الأجرامِ الفضائيَّة بوُضوحٍ أشَدّ، كما يُمكِنُها التِقاطُ إشعاعاتٍ لا يَتَسنّى لها اختِراقُ جوّ الأرض. كما تُرسَلُ الرُّوبوطات، كَسوابرَ فضائيَّة، في رِحلاتٍ مُوجَّهةٍ لِتَدُورَ حَوْلَ كواكبَ أخرى أو تَحُطَّ عليها وتَبعَثَ باكتِشافاتِها إلى الأرض. وجديرٌ بالذِّكرِ أنَّ التحكُّمَ في مُعظمِ هٰذه السَّوابرِ والتِلسْكوبات يتِمُّ من الأرض بواسِطةِ الحَواسيب.



صُوَرُ الفَضاء

على مَدى عِدَّةِ قُرون، ظَلَّتِ الطريقةُ الوحيدةُ لاستِطلاعِ خفايا الكَوْنِ هي تجميعَ أمواجِ الضوءِ المُنبَعِثةِ من الأجرامِ الفضائيَّة ودِراستِها. أما اليومَ فيستطيعُ الفلكيُّونَ تجميعَ ودِراسةَ أنواعٍ أخرى من الإشعاعاتِ المُنبَعِثة، كالأشعةِ السِّينيَّةِ مثلًا، لإعدادِ صُوَرٍ أدقَّ عن الكَوْن. فالصُّورةُ المُقابِلةُ بالأشِعَّة السِّينيَّة (أشِعَّة إكس) لِبقايا نَجمٍ مُتفجِّرٍ (مُتجدِّدٍ أعظم) تُظهِرُ تفاصيلَ واضِحةً ناصِعةً - في حينِ إنّها لو التُقِطَتْ بأمواجٍ ضوئيَّة فقط، لما بانَ منها سِوى كُتلةٍ غازيَّةٍ خافِتةِ التَّوهُّج.

الكَوْن

الكَوْن

مجموعُ المَجرّات في الكَوْن يُقارِبُ ١٠٠٠٠٠ مليون مَجرّة.

الكَوْنُ هو كُلُّ شيءٍ يُمكِنُ أن تُفكِّرَ فيه وأكثر. فهو يشمَلُ جميعَ المَجرّاتِ والنُّجومِ والكواكبِ والأقمارِ والحيواناتِ والنباتاتِ والكُتُبِ، كموسوعتِك هٰذه، كما يشمَلُكَ أنت وغيرَك من بَني البَشَر – ويشمَلُ حتّى الفراغَ بين هٰذه جميعًا. لقد حسِبَ الأقدمون أنَّ الكَوْنَ يضُمُّ فقط ما يُشاهِدونَه بأعيُنِهم من الأرض؛ وكانوا يَعتبِرونَ الأرضَ مركزَ الكَوْنِ وأهمَّ جُزْءٍ فيه. أمّا اليومَ، فنحنُ نَعلمُ كَم هو الكونُ شاسِعٌ بما يَفوق التصوُّر، وأنَّ الأرضَ ما هي إلا جُزْءٌ ضئيلٌ جدًّا منه. لقد تطوَّر مَفْهُومُنا الحاليُّ لِلكَوْنِ بفَضْلِ علماءِ الفَلَك والكونيّات في هذا القَرْن؛ فالفلكيُّونَ يدرسُونَ أجزاءً مُعيَّنةً من الكون – فيما يَجْهَدُ الكونيُّونَ لِتعرُّفِ أصلِ الكَوْن ونَشأتِه وتطوُّراته.

الكَوْنُ المُتغيِّر

كُلُّ شيءٍ في الكَوْن يَتغيَّر. فعَلى الأرض، يتغيَّرُ بَنو البَشَر بَعْد انقِضاء آجالِهم، وكذلكَ النباتاتُ والكائناتُ الأُخرى. والنُّجومُ في الفضاء أيضًا لها آجالُها، وهي دائمةُ التغيُّر. حتّى الكونُ كمجموع لا يبقى على حاله، فهو أيضًا له أجَلُه الخاصّ. ففي مَطلَعِ هذا القَرْن، اكتشَفَ الفلكيُّون أنَّ جميعَ المَجرّات (مجموعات عظيمة من النجوم) يتباعَدُ بعضُها عن بعضٍ بسُرعةٍ، وأنَّ الكونَ يتمدَّدُ باستمرار.

السَّنَةُ الضوئيّة

المَسافاتُ في الكَوْن شاسِعةٌ جدًّا بحيثُ تُقاسُ بالسِّنين الضوئيّة. والسَّنَةُ الضوئيّة هي المسافةُ التي يقطعُها الضوءُ في سنة. ولمّا كانت سُرعةُ الضوء تساوي ٣٠٠٠٠٠كم في الثانية، فإنَّ هذه المَسافةَ تبلغُ ٩٤٦٠٠٠٠ مليون كيلومتر.

قِنْوٌ من المَجرّات

توجَدُ مَجرّةُ دَرْبِ التّبّانة ضِمنَ قِنْوٍ (عنقود) من المَجرّات يضُمُّ حوالى ٣٠ مَجرّة. إنّ تجمُّعاتٍ كهذه تُصنَّفُ إجمالاً كاقناءٍ مَجرّيّةٍ عُظمى.

دَرْبُ التّبّانة

الشَّمسُ مَجرّةُ نجم واحدٍ فقط من قُرابة ٥٠٠,٠٠٠ مليون نجم في مَجرّة تُسمّى دَرْبَ التّبّانة.

يعتقدُ الفلكيُّون أنَّ هنالِكَ الملايينَ من النُّجوم التي لها كواكِبُها الخاصّةُ في الكَوْن، لكنّ الشَّمس هي، حتّى الآن، النجمُ المعروفُ الوحيدُ الذي ينطبِقُ عليه ذلك.

النظامُ الشّمسيّ

الأرضُ احدُ تِسعةِ كواكبَ تدورُ حَوْلَ نَجمٍ هُوَ الشَّمس.

الأرض

يعيشُ البَشَرُ على كوكبٍ هو الأرض.

البَشَر

يُؤلِّفُ البَشَرُ جُزْءًا ضئيلاً من الكَوْن.

سُرعةُ الضوءِ هي السُّرعةُ القياسيّةُ القُصوى في الكَوْن؛ بحيثُ إنَّ لا شيءَ أسرَعُ من الضوء. ومع ذلك، فإنَّ ضوءَ أقربِ نَجمٍ إلينا (عدا الشَّمس) يستغرِقُ ٤,٣ سنة ليصِلَ إلى الأرض، أي إنَّ بُعدَه يبلُغُ ٤,٣ سنةٍ ضوئيّة – فنحنُ نَراه حاليًّا كما كان هو منذُ ٤,٣ سنة.

الضوءُ البُرتقاليُّ المُحمَرُّ المُنبَعِثُ من هٰذه المَجرّة يُبَيِّنُ انها تتحرَّكُ بعيدًا عنّا.

الضوءُ المُنبَعِثُ من هٰذه المَجرّة مُنزاحٌ اكثرَ نحوَ الطرفِ الاحمرِ لِلطَّيف. وهٰذا يُبيِّنُ أنَّ سُرعةَ هذه المَجرّةِ اكثرُ وانّها ابعَدُ من المَجرّةِ اعلاه.

الانزياحُ نحوَ الأحمر

يَسري الضوءُ أمواجًا. فالموجةُ الضوئيّةُ المُنضغِطةُ المرتصّةُ زرقاءُ، بينَما المُمتدةُ المُسطّحةُ حمراءُ – وفي ما بينهُما باقي ألوانِ الطيف الأخرى. إنَّ أمواجَ الضوءِ من مَجرّةٍ، تتحرَّكُ بعيدًا عنّا، تُمَطُّ نحو الطرفِ الأحمرِ لِلطّيف – فيما نُسمّيه الانزياحَ نحو الأحمر؛ ويَزدادُ هذا الانزياحُ بازدياد سُرعةِ المَجرّة. ويعلَمُ الفلكيُّونَ، تَبعًا لِقانون هَبِل، أنَّ المَجرّاتِ الأبعدَ تتحرَّكُ بعيدًا بسُرعةٍ أكثرَ من المجرّاتِ الأقرب، وهكذا يتبيَّنُ، بمدى الانزياح نحوَ الأحمر، بُعْدُ المَجرّةِ مَوضعَ الدَّرس عن الأرض.

إدْوين هَبِل

في العام ١٩٢٤، بيّنَ الفلكيُّ الأمريكيّ، إدْوين هَبِل (١٨٨٩-١٩٥٣)، أنَّ السُّدُمَ (رُقَعًا ضوئيّةً ضبابيّةً في الفضاء) هي مَجرّاتٌ بعيدة. وفي العام ١٩٢٩، وَجَدَ أنَّ السُّرعةَ التي تتحرَّكُ بها مَجرّةٌ ما، بعيدًا عن الأرض، تعتمِدُ على بُعْدِها عن الأرض. فإذا كان بُعْدُ مَجرّةٍ خمسةَ أضعافِ بُعدِ أخرى، فإنّها تتحرَّكُ بسُرعةٍ تساوي خمسةَ أضعافِ سُرعةِ الأخرى. وهذا هو قانون هَبِل.

لمزيدٍ من المعلومات انظُر

قياسُ الصوت ص ١٨٠
الضّوء ص ١٩٠
أصلُ الكَوْن ص ٢٧٥
المَجرّات ص ٢٧٦
النُّجوم ص ٢٧٨
النظامُ الشّمسيّ ص ٢٨٣
عِلْمُ الفَلَك ص ٢٩٦

أَصْلُ الكَوْن

يَعْتَقِدُ كثيرٌ من العُلماءِ أنَّ الكَوْنَ نشأ عن انفجارٍ هائلٍ هو الإنفِجارُ العظيم، منذُ ١٥٠٠٠ مليون سنة، تولَّدت فيه كُلُّ أشكالِ المادَّة والطاقة - كما الفَضاءُ والزمن. طبعًا، لم يكنْ هناكَ أحدٌ ليرويَ ما حدَث، ولكِنَّ الاكتِشافاتِ الفَذَّةَ في عِلْمَي الفيزياءِ والفَلَك مَكَّنتِ العُلماءَ من اقتِفاءِ تاريخِ الكَوْنِ حتّى جُزْءِ الثانيةِ الأَوَّلِ من نشأته. وهُم يعتقدونَ أنَّ مادَّةَ الكَوْن قَبْلَ الإنفِجار كانت هَيُولى مُطْلَقَةً مُتراصَّةً في حجمٍ ضئيلٍ، وأنَّها في تمدُّدٍ مُسْتَمِرٍّ مُنْذُئذٍ. وقد وُضِعَت نظريَّةُ الإنفِجار العظيم عام ١٩٣٣، ثمّ قُدِّمتْ نظريَّةٌ أخرى عام ١٩٤٨، تُعرَفُ بنظريَّة الحالة المُستقِرَّة، مَفادُها أنَّ تَخَلُّقَ المادَّةِ الجديدةِ مُستَمِرٌّ؛ وهٰكذا فإنَّ الكَوْنَ، كَكُلٍّ، لَن يتغيَّرَ! لكِنَّ هٰذه النظريَّةَ لا يُعتَدُّ بها الآن. وقد بدأ العلماءُ مُؤخَّرًا يتدارسون مُستقبلَ الكَوْنِ وما الذي يَنْتَظِرُه تاليًا.

بدا تمدُّدُ الكَوْنِ نتيجةً لِلانفِجار العظيم.

قد يعودُ الكَوْنُ إلى التراصِّ مُجدَّدًا في «دَهْكَةٍ عُظمى».

ثُمّ يَحدُثُ انفِجارٌ عظيم آخَرُ يُعيدُ انطلاقَ العمليّةِ ثانيةً.

الإنفِجارُ العظيم

منذُ حوالَي ١٥٠٠٠ مليون سنة كان الكَونُ ضئيلَ الحَجم جِدًّا وحارًّا جِدًّا؛ وبالإنفِجار العظيم بدأت عمليَّةُ التمدُّدِ والتغيير، وما زالتْ مُستمِرَّةً حتّى اليوم. فخِلالَ دقائقَ من حُدوثِ الانفِجارِ أخذَتِ الجُسَيماتُ الذرِّيَّةُ بالتَّلامِ مُكَوِّنَةً غازَيِ الهليوم والهيدروجين اللذين، على مرِّ ملايين السِّنين، أنْتَجا المَجرّاتِ والنُّجومَ والكَوْنَ كما نَعرِفُه اليومَ.

الكَوْنُ الارتِداديّ

ما هو مُستَقبلُ الكَوْن؟ لِلعُلماءِ نظريّاتٌ مُتباينة حولَ هٰذا الموضوع. فبعضُهم، من أصحاب نظريّةِ الكَوْن المفتوح، يَرتَئي أنْ لا نِهايةَ مُحدَّدةً لِلكَوْن؛ لكِنّه سيتقاصَرُ تدريجيًّا قبلَ أنْ يتوقّف! فيما يَرتَئي أصحابُ نظريّةِ الكَوْنِ المُغْلَق أنّ الكَوْنَ سيتوقّفُ عن التمدُّدِ ويبدأُ بالتقلُّصِ والتَّلامِ حتّى يُصبِحَ مُتراصًّا جِدًّا أو حارًّا جِدًّا - تهيئةً لانفِجارٍ عظيم جديد.

وُلِدَت الشَّمْسُ بَعْدَ ١٠٠٠٠ مليون سنة من الإنفِجار العظيم؛ ونَشأَتِ الأرضُ والكواكبُ من الأنقاضِ المُحيطة.

بدأت أشكالُ الحياةِ الأُولى بالظهورِ على الأرض حوالَي ١٢٠٠٠ مليون سنة بَعْدَ الإنفِجار العظيم.

عاشت الدَّيْنوصُورات منذ ١٩٠ مليون سنة. وظهر الجِنسُ البشريُّ منذ قُرابة مليونَي سنة - وهو جُزءٌ ضئيلٌ من عُمرِ الكَوْن.

اتخذَتْ مَجرّتُنا، دَرْبُ التبّانة، شَكلَها القُرصيّ بَعْدَ ٥٠٠٠ مليون سنة من الإنفِجار العظيم.

الزَّمنُ الحاضر - حوالَي ١٥٠٠٠ مليون سنة بَعْدَ الإنفِجار العظيم.

نَشأتِ الكُوازارات (أسلافُ المَجرّات) ما بين ٢٠٠٠ و٣٠٠٠ مليون سنة بَعْدَ الإنفِجار العظيم.

بدا تَشكُّلُ المَجرّاتِ بَعْدَ ٢٠٠٠ مليون سنة من الإنفِجار العظيم.

بدأ تلامُ المادّةِ كُتَلًا بَعْدَ ١٠٠٠ مليون سنة من الإنفِجار العظيم.

حُدودُ الأزمنة

نشأ الكَوْنُ مُتجانِسَ الأجْزاءِ تقريبًا. لكنْ مع عمليّةِ التمدُّدِ أخذتِ المادّةُ تتلامُ كُتَلًا بداخِله، وساعدتِ الجاذبيّةُ في تجمُّعِ المزيدِ منها تاركةً مناطقَ من الفَضاء الخاوي بينَها. وفي نهايةِ المطاف، أنتجتْ مَناطقُ تجمُّعِ المادّةِ النُّجومَ والمَجرّات.

خلالَ دقائقَ تألّفَ الكَوْنُ من ٧٥٪ هدروجين و ٢٥٪ هِليوم.

كانت درجةُ الحرارة قُرابةَ ١٠٠٠٠ مليون درجة.

نشأة الكَوْن - الإنفِجار العظيم

ساتِلُ سَبْرِ الخلفيّةِ الكونيّة (كوبي) يستقصي إشعاعاتِ الكَوْنِ الأُولى. وقد كشفَ، عام ١٩٩٢، تفاوُتًا في هذه الإشعاعات - مِمّا يُؤيِّدُ نظريّةَ الإنفِجار العظيم.

إشعاعاتُ الخَلفِيَّة

منذُ الأربعينيّات من هٰذا القَرْن، أخذَ العلماءُ يتقصَّون حالَ الكَوْن في بداياتِ نَشأتِه. وكانوا مُدركينَ لِحقيقةِ أنّهُ كان حافِلًا بالإشعاعات وأنَّ تلك الإشعاعاتِ لا بُدَّ قد بَرَدَتْ مع تنامي الكَونِ وبُرودتِه - حتّى إنَّ الفلكيَّ الأمريكيَّ، جورج جاماو، قدَّرَ درجةَ الحرارة التي يجبُ أن تكونَ عليها الآن. وفي عام ١٩٦٥، كشَفَ العالمان الأمريكيّان، آرنو بِنْزياس وروبَرت ويلْسون عن تَواجُدِ مِثلِ هٰذه الإشعاعاتِ (المُسَمّاة إشعاعات خلفيّة) فِعلًا، فكانَ في ذٰلك بُرهانٌ يُدعِّمُ نظريّةَ الإنفِجار العظيم.

لمزيد من المعلومات انظر

البِنيةُ الذرِّيّة ص ٢٤
الجليدُ والمثالج ص ٢٢٨
الكَوْن ص ٢٧٤
المَجرّات ص ٢٧٦
النُّجوم ص ٢٧٨
السَّواتِل (الأقمار الصناعيّة) ص ٣٠٠

المَجَرَّات

تَتواجدُ النُّجُومُ في مجموعاتٍ كُبرى تُدعى مَجَرَّات. وقد تنشَّأت هٰذه المجموعاتُ الهائلة كَسُدُمٍ ضخمةٍ من الغاز مُباشَرةً بعدَ نَشأةِ الكَوْن. وعمِلتِ الجاذبيةُ لاحِقًا على تكتُّلِ الغازِ في نُجُومٍ مُنْفَصِلَة. والمَجَرَّاتُ شاسِعةٌ جدًّا بحيثُ إنَّ الضوءَ من نجمٍ في جانبٍ من مَجَرَّةٍ يَستغرق مئاتِ آلافِ السِّنينَ لِيَبلُغَ الجانِبَ الآخرَ منها. وتكتسِبُ المَجرَّةُ شَكْلَها المُمَيَّزَ تَبعًا لِنَسقِ تراتُبِ النُّجومِ في داخِلها. فالشَّمْسُ تقَعُ في مَجَرَّةٍ حلزونيَّةِ الشَّكل تُدعى دَرْبَ التَّبانَة. وقد ظلَّ الفلكيُّونَ حتى بداياتِ هذا القَرنِ يَعتقدون أنَّ دَرْبَ التبَّانة هي المَجَرَّةُ الوحيدة في الكَوْن؛ لكنَّنا نعلمُ اليومَ أنَّها في الواقِع إحدى ١٠٠ ٠٠٠ مليون مَجَرَّةٍ فيه.



المَجَرَّاتُ الأُخرى

أثبتَ الفلكيُّ الأمريكيُّ، إدوين هَبِل، عام ١٩٢٤، وُجُودَ مَجَرَّاتٍ أُخرى حين بيَّنَ أنَّ النجومَ في سَديمِ المرأةِ المُسَلْسَلة (دُعِيَ لاحقًا مَجَرَّةَ المرأةِ المُسَلْسَلة) هي مِنَ البُعدِ بحيثُ يَستحيلُ انتماؤُها إلى مَجَرَّةِ دَرْبِ التبَّانة.

عوالِمُ بَعيدة

منذُ بداياتِ القَرنِ العشرين، رَصَدَ الفلكيُّون وجَدْوَلوا عددًا كبيرًا مِنَ الرُّقَعِ الضبابيَّةِ الغامضةِ في السماءِ أسمَوْها سُدُمًا؛ وكانَ العديدُ منها قد شُوهِدَ منذُ عدَّةِ قُرون. واعتقدَ بعضُهم أنَّها مُجرَّدُ سُحُبٍ سَديميَّةٍ من الغازِ في دَرْبِ التبَّانة، في حين ارتأى آخرون أنَّها قد تكونُ مَجَرَّاتٍ بعيدة؛ وبالفِعْلِ هٰذا ما تَبيَّنَ فيما بَعْد. وقد دَرَسَ الفلكيُّ الأمريكيّ، إدْوين هَبِل، تِلكَ المَجرَّات وصَنَّفَها حسَبَ أشكالِها إلى أربعةِ أصنافٍ رئيسيَّة - لَوْلبيَّة أو حلزونيَّة (كدَرْبِ التبَّانة)، ولَوْلبيَّة عَمَديَّة، وإهليلَجيَّة، وغيرِ مُنتظِمة.

مَجَرَّة حلزونيَّة ن ج س ٥١٩٤

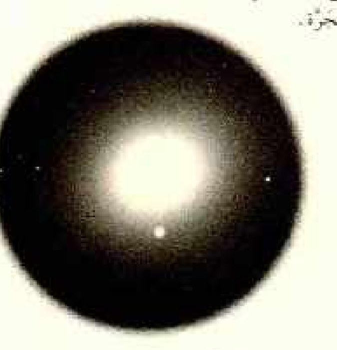


المَجَرَّاتُ الحلزونيَّة

تتألَّفُ المَجَرَّاتُ الحلزونيَّة من نُجومٍ فَتيَّةٍ وهَرِمة. وهي قُرصيَّةُ الشَّكلِ ذاتُ أذرُعٍ حلزونيَّة. وفي المَجَرَّات اللَّوْلبيَّة العَمَديَّة، تتفرَّعُ الأذرُعُ من طرَفَي عَمُودٍ عَبْرَ مركزِ المَجَرَّة.

تبدأ المَجرَّاتُ كسُحُبٍ عِملاقة من الغاز. تُدوِّمُ السَّحابةُ فتتنشأ النجومُ وتتَّخذُ المَجرَّةُ شَكلَها. وكلَّما ازدادت سُرعةُ التدويمِ ازدادَ تَسطُّحُ المَجرَّة.

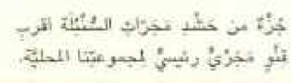
صُورةٌ بالراديو لِكُوازار ٣ سي ٢٧٣. وقد لُوحِظ أنَّ قَلْبَه (فوق إلى اليسار) وذَيْلَه (تحت إلى اليمين) مَصدرانِ قويَّان لانبعاث الأمواجِ الراديويَّة.



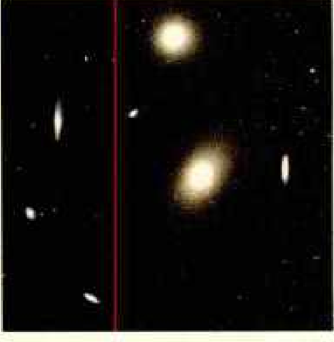
المَجَرَّاتُ الإهليلَجيَّة

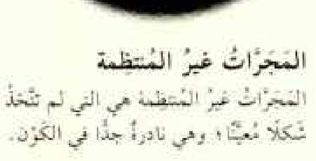
المَجَرَّاتُ الإهليلَجيَّةُ مجموعاتٌ مُسطَّحةٌ كرويَّةُ الشَّكل من نُجومٍ هرِمَةٍ (في أواخرِ أعمارِها)؛ وهي أكثرُ أنواعِ المَجَرَّاتِ انتشارًا في الكَوْن.

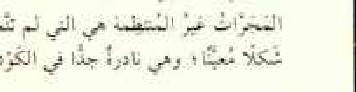
م٨٧ مَجرَّةٌ إهليلَجيَّة قُطْرُها ٥٠٠٠٠٠ سنة ضَوئيَّة.



جُزءٌ من حَشْدِ مَجرَّاتِ السُّنْبُلة القريب قُربَ مَجرِّيٍّ رئيسيٍّ لِمجموعتِنا المحليَّة.







المَجَرَّاتُ غيرُ المُنتظِمة

المَجَرَّاتُ غيرُ المُنتظِمة هي التي لم تتَّخذْ شكلًا مُعيَّنًا؛ وهي نادرةٌ جدًّا في الكَوْن.



م٨٢ مَجرَّة غيرُ مُنتظِمة.

الكُوازارات (الكَوازِر)

عامَ ١٩٦٣، اكتُشِفَت فِئةٌ جديدةٌ من الأجرام - تُسمَّى الكُوازارات. وهي أجسامٌ شديدةُ التألُّقِ نائيةٌ جدًّا، تسيرُ مُبتعِدةً عنَّا بِسُرعةٍ هائلة. ولا يزالُ الكثيرُ من أسرارِها غامِضًا؛ والمُعتقَدُ حاليًّا أنَّها قُلوبُ مَجرَّاتٍ فَتيَّةٍ جدًّا.

الأقناءُ المَجرِّيَّة

تَنزِعُ المَجرَّاتُ إلى التراصِّ معًا، فتنتشِرُ عَبْرَ الكَوْن في حُشودٍ (أو مجموعات) قَوِيَّة. فمَجرَّةُ دَرْبِ التبَّانة مثلًا تقعُ ضِمنَ حَشْدٍ قويٍّ يَضمُّ حوالى ٣٠ مَجرَّةً تُدعى المجموعة المحليَّة. وقد تتألَّفُ أقناءٌ أُخرى من آلافِ المَجرَّات، أو قد تحتشِدُ جماعاتٌ في أقناءٍ عُظمى.

دَرْبُ التَّبانة

دَرْبُ التَّبانة (أو الطريقُ اللبنيّ) مَجَرَّةٌ حلَزونيّةٌ تتحشَّدُ في وَسَطِها النُّجومُ فتُكسِبُها انتِفاخًا مَركزيًّا تتشعَّبُ منه أذرُعٌ من النجوم، تتواجَدُ منظومَتُنا الشَّمسيَّةُ في ذِراعٍ منها. وهٰذا يعني أنَّنا، من نِصف الكُرةِ الجنوبيّ للأرض، نُواجِهُ مَركزَ المجرَّة في حين يُطالِعُنا طرَفُها من نِصف الكُرة الشماليّ.

ودَرْبُ التَّبانة، كَسائرِ المَجرّات، مُستَمِرَّةُ الحَركة ليسَ فقط كمجَرَّةٍ سابحةٍ بكاملِها في الفَضاء، بل إنَّ النجُومَ في داخِلها أيضًا تدورُ باستِمرارٍ حَوْلَ مَركَزِ المَجرَّة.

صورةٌ لِدَرْبِ التبّانة من موقعٍ في نيوزيلندا

كُلُّ النُّجومِ التي نَراها في السماء ليلًا تنتمي إلى دَرْب التبّانة. ويُمكِنُكَ أحيانًا مُشاهدةُ الطريقِ اللبنيّ مُبْيَضًّا بِضوءِ ملايينِ النجُوم في المَجرّة.

أسطورةُ دَرْبِ التبّانة

سُمِّيَتْ دَرْبُ التبّانة أو الطريقَ اللَّبنيّ كذلك لأنَّها تَبدو، في سماءِ الليل، كتَرْشاشِ اللَّبَن. ففي أيامِ الإغريق، قبلَ أن يتعرَّفَ الناسُ الحقائقَ الفلكيّةَ عن دَرْبِ التبّانة، عَزَتِ الأساطيرُ نَشأتَها إلى لَبَنٍ اندلَقَ بينما كان هِرَقلُ الطفلُ يرتَوي من ثَدْيِ الإلٰهةِ هيرا.

لا تَبقى النُّجومُ في مَوقعٍ واحد داخِلَ المَجرّة، فهي، على مدى فتَراتٍ زمنيّةٍ طويلة، تتنقَّلُ داخلَ وخارجَ الأذرعِ الحلَزونيّة.

يستغرقُ الشعاعُ الضوئيّ ١٠٠٠٠٠ سنة لِيَعبُرَ من أحدِ جوانبِ المَجرّة إلى الجانبِ الآخر.

دَرْبُ التبّانة – منظرٌ عُلويّ

دَرْبُ التبّانة – منظرٌ جانبيّ

تستغرقُ الشَّمسُ حوالى ٢٢٠ مليون سنة لِتُكمِلَ دورةً واحدة حَوْلَ مَركزِ المَجرّة.

مَوْقِعُ الشَّمس

مَوْقِعُ الشَّمس

تقعُ الشَّمسُ في إحدى الأذرعِ الحلَزونيّةِ لِدَرْبِ التبّانة، على قُرابةِ ثُلُثَي المَسافةِ من مَركزِها؛ وهي مُجَرَّدُ نَجمٍ واحدٍ من حوالى ٥٠٠٠٠٠ مليون نجم تؤلِّفُ المَجرّة. وتوجَدُ النُّجومُ أيضًا ما بينَ الأذرعِ الحلَزونيّة، لكنَّ نُجومَ الأذرعِ الأفتى والأكثرَ تألُّقًا هي التي تُكسِبُ المَجرّةَ شكلَها المُميَّز.

نَموذَجُ هِرشِل

في القرنِ الثامنَ عشرَ أجرى الفلكيُّ البريطانيّ، وِلْيَم هِرْشِل (١٧٣٨-١٨٢٢)، مَسْحًا للنجوم في دَرْبِ التبّانة – حيثُ يُمكِنُ بالعينِ المُجرَّدة رؤيةُ قُرابةِ ٢٠٠٠ نجم، أمّا بواسطةِ التِلِسْكوب فيمكِنُ رؤيةُ عِدّةِ ملايينَ من النجوم – بِما يَفوقُ إمكانيّةَ العَدّ. وقد قامَ هِرْشِل بإحصاءِ النُّجومِ في مناطقَ مُعيَّنة، ثُمَّ عمَّمَ مُعدَّلاتِها على المَجرّةِ بكامِلِها فحقَّقَ بذلك نَموذَجًا دقيقًا نَوعًا لِدَرْبِ التبّانة. وكانَ مِمّا ارتآهُ هِرْشِل أيضًا أنَّ بعضَ السُّدُمِ قد تكونُ منظوماتٍ نجميّةً خارجَ مَجرَّتِنا؛ وهذا ما تبيَّنَتْ صِحَّتُه بعدَ أكثرَ من قَرن.

نَموذَجُ وِلْيَم هِرْشِل لِنُجوم دربِ التبّانة

صورةٌ لِلضوءِ المُنطلِق من مَجرّةِ المرأة المُسلسَلة (م٣١)، التي هي أقربُ المَجرّاتِ الرئيسيّةِ إلى مَجرَّتِنا.

صورةٌ بالأشعّةِ دونَ الحمراء لِمَجرّةِ المرأة المُسلسَلة. هذه الأشعّةُ تستغرقُ ٢،٢ مليون سنة لِتَبلُغَ الأرض.



صورةٌ بالأشعّةِ السِّينيّةِ لِمَجرّةِ المرأة المُسلسَلة. قلبُ المَجرّةِ هو المِنطقةُ المُتألِّقةُ في المَركز (الجزءُ الذي يُطلِقُ مُعظَمَ هذه الأشعّة).

مُعايَنةُ المَجرّات

لِلحُصولِ على صورةٍ أكثرَ وُضوحًا واكتمالًا عن الكَوْن يَعْمَدُ الفلكيّون إلى تجميعِ أنماطٍ أُخرى من إشعاعاتِه إضافةً إلى الضوء. فالمَناظرُ بالأشعّةِ السينيّة (أشعة إكس) مثلًا، تكشِفُ مناطقَ الفاعليّةِ النشِطةِ الشديدةِ الحرارة. وتُظهِرُ المَناظرُ بأشعّةِ جاما مناطقَ انطلاقِ الطاقةِ بالتفاعُلاتِ النوويّة. كما يُمكِنُ بالأطوالِ المَوجيّةِ الأُخرى تحديدُ مَناطقِ تَركُّزِ غازِ الهِدْروجين بينَ النجوم، وكذلك مناطقِ الغُبارِ البارد.

لمزيد من المعلومات انظر

الكَوْن ص ٢٧٤ ، النُّجوم ص ٢٧٨
دَورةُ حياةِ النُّجوم ص ٢٨٠
الكوكبات (الأبراج) ص ٢٨٢
الشَّمس ص ٢٨٤
أُرانوس ص ٢٩٢
تِلِسكوباتُ الفَضاء ص ٢٩٨

النُّجوم

كُلُّ نجم من النُّجُوم التي تَراها في سَماءِ الليل هو في الحَقيقةِ كُرَةٌ هائلةٌ مُدَوَّمة من الغاز المُضيءِ الشديدِ الحرارة. وتتماسَكُ غازاتُ النجم بِفِعْلِ الجاذبيَّة، كما إنَّ مصدرَ طاقةِ النُّجُوم هو «استِعارُ» تلكَ الغازات في تفاعُلٍ لا يُشْبِهُ اسْتِعارَ الفَحْم بل هو تفاعُلٌ أشدُّ فاعليَّةً وكِفاية يُعرَفُ بالإندماج النَّوويّ. إنَّ كمِّيَّةَ الغاز التي يتألَّفُ النجمُ منها مُهِمَّةٌ جِدًّا، إذ إنَّها تُحَدِّدُ جاذِبيَّتَه ودرجةَ حرارتِه وضغطَه وكثافتَه وحجمَه. وتتواجَدُ النُّجومُ في مَجَرَّاتٍ تحوي الواحدةُ منها آلافَ ملايينِ النُّجُوم من أصنافٍ مُختلِفة. ولم يبدأ الفلكيُّون في تفَهُّم طبيعةِ النجُوم حقًّا إلا خلالَ هٰذا القَرْن؛ وكانَ اهتِمامُهم قبلًا مُنصَبًّا على مَواقِعِها.

أطيافُ النُّجُوم

يَستخدِمُ الفلكيُّونَ مُعَدَّاتٍ خاصَّةً تُجمِّعُ ضوءَ النَّجم ثمّ تُفرِّقُه إلى طَيْف. ويتضمَّنُ طيفُ النجم خُطوطًا مُظلِمةً، تُدعى خُطوطَ الامتِصاص، تُبَيِّنُ العناصرَ المُتَواجدةَ في ذلك النَّجم. ولقد صَنَّفَت الفلكيَّةُ الأمريكيَّةُ، آني جَمْب كانُون وآخرون، أطيافَ آلافِ النجُوم في أنماطٍ مُختلِفةٍ رَقَّموا كُلَّ نَمَطٍ منها بحرفٍ ألِفبائيًّا، ثمّ أُعيدَ ترتيبُها بحسَبِ درجةِ الحرارةِ السَّطحيَّة فيها. والأنماطُ الرئيسيَّةُ من الأسخَنِ فالأبْرَد هي أو «O»، بي «B»، إي «A»، إف «F»، جي «G»، كي «K» وَ إم «M».

الفجواتُ، أو خُطوطُ الامتِصاص، في الطَّيْفِ تُبَيِّنُ أنماطَ الضوءِ التي امتَصَّها النجمُ. وهذا يُحَدِّدُ أنواعَ العناصرِ التي يتألَّفُ منها النجمُ.

تحوي أجهزةُ دراسةِ الطيف، كالمِطياف مثلًا، مُوشوراتٍ تُفَرِّقُ ضوءَ النَّجم إلى طيفٍ يُمكِنُ تحليلُه.

تَشُدُّ الجاذبيَّةُ الغازاتِ إلى الداخل، فيما يدفعُها الضوءُ والضغطُ إلى الخارج.

تزدادُ درجةُ حرارةِ النَّجم وكثافتُه في اتِّجاه مَرْكَزِه.

النجمُ بكامِلِه يتألَّفُ من غازات.

قَلْبُ النَّجم – حيثُ تجري التفاعُلاتُ النَّوويَّة.

داخِلُ النَّجْم

مُعظَمُ النُّجُوم، كالشَّمس، تتألَّفُ بكامِلِها تقريبًا من غازَيْن هُما الهِدْروجين والهِلْيُوم، بالإضافة إلى كمِّيَّاتٍ ضئيلة جدًّا من عناصِرَ أُخرى. وينضغِطُ الغازان بِشِدَّةٍ هائلةٍ في قَلْبِ النَّجم (مَرْكَزِه) الذي يُصبِحُ كثيفًا جدًّا وحارًّا جدًّا – بحيثُ تجري فيه تفاعُلاتُ الاندماج النَّوويّ. فتتَّحِدُ ذرّاتُ الهِدْروجين لِتُنتِجَ الهِلْيُوم، فيما تُنْبَعِثُ طاقةٌ هائلةٌ بِفَقْدِ الكُتْلَة. وتنتقِلُ هذه الطاقةُ من القَلْب إلى سَطْحِ النَّجم حيثُ تنطلِقُ ضوءًا وحَرارة.

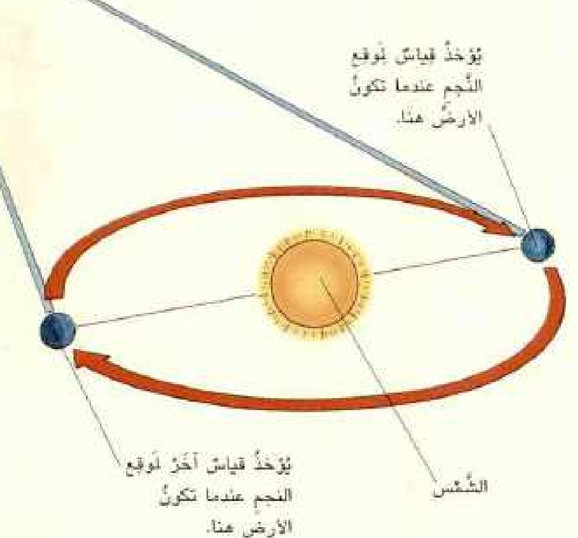
تُنْبَعِثُ الطاقةُ على سَطْحِ النجم ضوءًا وحرارةً.

الطاقةُ المُنْبَعِثةُ من القَلْبِ تنتقِلُ عَبْرَ النجم بالحَمْلِ والإشعاع.

يتحرَّكُ النَّجمُ القريبُ على خَلْفِيَّةٍ من النجُوم الأبعد كثيرًا، وكُلَّما زادَ تحرُّكُه كان، بالضرورة، أقربَ إلى الأرض.

تبدو نُجومُ الخَلْفيَّةِ مُستقِرَّةً بسبَبِ بُعدِها الهائلِ عن الأرض.

نجمٌ قريب



إختِلافُ المَنْظَر

ضَعْ إصبَعَك أمامَك، وانظُر إليها أوَّلًا بعينِكَ اليُسرى فقط، ثمّ بعينِكَ اليُمنى فقط؛ فستجِدُ أنَّ إصبَعَك انزاحَتْ من موقِعِها بالنِّسبةِ لِلخَلْفيَّةِ وراءَها. ويزدادُ هذا الانزياحُ كُلَّما كانَت الإصبَعُ أقربَ إليك. وهكذا يُتَّخَذُ الانْزِياحُ قياسًا نوعيًّا للمسافةِ بين الإصبع والعَيْن. هذه الظاهِرةُ، المعروفة بِاخْتِلاف المَنْظَر، يُمكِنُ استِخدامُها على نِطاقٍ أعظَمَ كثيرًا لاحتِساب أبعادِ النجُوم القريبة. وحيثُ إنَّ الأرضَ تدورُ في مَدارِها حَوْلَ الشَّمس، فسيبدو النَّجمُ وكأنَّه يتحرَّكُ بِبُطءٍ على خَلْفيَّةٍ من النُّجُوم الأبعدِ كثيرًا. وبِقياسِ زاويةِ اختِلافِ المَنْظَر الحاصِلة يُمكِنُ تقديرُ المسافةِ بين النجم والأرض.

سِسيلِيَا پايْن چاپوشكِن

في القَرْنِ التاسِع عَشَر، بَيَّنَ الفلكيُّ الإنكليزيّ، وِلْيَم هَجِنْز، أنَّ النجُومَ تتألَّفُ من العناصِرِ نفسِها التي تتألَّفُ منها الأرض. لكِنْ في العِشرينيَّات من القَرْنِ العشرين برهَنَت الفلكيَّةُ البريطانيَّة، سِسيلْيا پايْن چاپوشكِن (١٩٠٠-١٩٧٩)، أنَّ النجُومَ تتألَّفُ في مُعظَمِها من الهِدْروجين. كما اكتشفَتْ أيضًا أنَّ تركيبَ مُعظَمِ النجُوم مُتماثِلٌ. وكانت هذه اكتشافاتٍ عظيمةً جعلَتْها رائدةً في مَجال الفيزياءِ الفلكيَّةِ النجميَّة (عِلمِ ودراسةِ العمليَّات الطبيعيَّة والكيماويَّة في النُّجُوم).

نُجومُ المُتَوالِيةِ الرَّئيسيَّة

النُّجومُ في أعلى المُتَوالِيَةِ الرئيسيَّة كُتْلَةُ الواحدِ منها أكثَرُ من كُتْلَةِ الشَّمْسِ ٦٠ مَرَّةً، أمّا تلكَ التي في أسفلِها فكتلةُ النجمِ منها $\frac{1}{10}$ من كُتلةِ الشَّمْسِ فقط.

هذا النَّجْمُ الأبيضُ المُزْرَقُّ هو من النمطِ بي «B»، حيثُ تبلغُ درجةُ الحرارة حوالى ٢٠٠٠٠°س.

النُّجومُ البِيضُ هي من النمط إي «A» حيثُ تبلغُ درجةُ الحرارة حوالى ١٠٠٠٠°س.

العَمالِقَةُ الزُّرْقُ نُجومٌ ساطعةٌ جدًّا وحارّةٌ جدًّا، وهي من النمط أو «O» حيثُ تبلغُ درجةُ الحرارة حوالى ٣٥٠٠٠°س.

هذا النَّجْمُ الأبيضُ المُصْفَرُّ هو من النمط إف، حيثُ درجةُ الحرارة حوالى ٧٥٠٠°س.

قِنْوُ عُلبَةِ المُجَوهرات

يَبدو معظمُ النُّجوم كنِقاطٍ نيِّرةٍ فِضّيّةٍ في سَماءِ الأرض؛ لكن يُمكنُنا رؤيةُ اللونِ الحقيقيِّ لبعضِ النجوم. هذه المجموعةُ المُتألِّقةُ المُتعدِّدةُ الألوانِ تُسمّى قِنْوَ عُلبَةِ المُجَوهرات.

الأنماطُ الطيفيَّةُ النجميَّةُ أو، بي، إي، إف، جي، كي، إم (فيما سُمّي لاحقًا تصنيف هارڤرد) ذاتُ علاقةٍ بلَوْنِ النَّجْمِ ودرجةِ حرارته. فالنجومُ ذاتُ النمطِ أو زُرْقٌ حارّةٌ، والنجوم ذاتُ النمطِ إم حُمْرٌ وأخفضُ حرارةً.

هذا النَّجْمُ الأصفرُ يُشبِهُ شَمْسَنا – وهو نجمٌ من النمط جي، وتبلغُ درجةُ حرارته حوالى ٦٠٠٠°س.

هذا النَّجْمُ البُرتقاليُّ من النمط كي، وتبلغُ درجةُ حرارته ٤٧٠٠°س.

هذا النَّجْمُ الصغيرُ جدًّا هو قَزَمٌ أحمرُ خافِتٌ باردٌ نوعًا من النمط إم، وتبلغُ درجةُ حرارته حوالى ٣٠٠٠°س.

نُجومٌ ساطعة

مِقدارُ النُّصوعِ المُطلَق

نُجومٌ خافتة

نُجومٌ زُرْقٌ حارّة — درجةُ حرارةِ السَّطح — نُجومٌ حُمْرٌ باردة

الخطُّ البيانيُّ يُدعى مُخَطَّط هِرتزسبرنغ – راسل، نِسْبَةً إلى الفلكيَّيْن، إينجر هِرتزشبرنغ الدانمركي، وهنري نوريس راسل الأمريكي، اللذين وَضعاهُ عام ١٩١٣.

نُجُومُ المُتَوالِيَةِ الرَّئيسيَّة

لَوْنُ النَّجمِ يُعطي فِكرةً عن درجة حرارته السَّطحيَّة؛ فالنُّجومُ الزُّرْقُ حارّةٌ والنجومُ الحُمْرُ أبردُ نوعًا. وإذا ما رُسِمَ خطٌّ بيانيٌّ لِدرجات الحرارة في مُقابِلِ النُّصوعِ المُطلَقِ للنَّجم، فإنَّ مُعظمَ النُّجوم تقعُ داخلَ نِطاقٍ ضيِّقٍ يُسمّى المُتَوالِيةَ الرَّئيسيَّة – أي إنَّه كُلَّما ازدادتْ حرارةُ النجمِ ازدادَ نُصوعُه. إنَّ جميعَ النجومِ في المُتَوالِيةِ الرئيسيَّةِ هي في فترةٍ مُستقِرَّةٍ من حياتها – أي إنَّ إشعاعَها مُطَّرِدٌ مُستمِرٌّ لأنَّ تفاعُلاتِ اندِماجِ الهِدْروجين في قُلوبِها مُستمِرَّة. لكنْ عندما يُستَنفَدُ الوَقودُ الهِدْروجينيُّ فإنَّ النَّجمَ يُغادِرُ المُتَوالِيةَ الرئيسيَّة. ويُلاحَظُ أنَّ النُّجومَ الأعظمَ كُتلةً تُغادِرُ المُتَوالِيةَ بسُرعةٍ أزيدَ من الأقلِّ كُتلةً.

مِقدارُ النُّصوعِ المُطلَق

الزَّمَن ← هذا المُخَطَّطُ يُبيِّنُ تغيُّرَ نُصوعِ نجمٍ قيفاويٍّ مع الزَّمن.



في هذا الوَضْع، تبدو المَنظومةُ الثُّنائيَّةُ، من الأرض، خافتةً لأنَّ النجمَ الأخفتَ يَحجُبُ النجمَ الأسطَع.

نَجْمٌ أخْفَت

هنا تبدو المَنظومةُ الثُّنائيَّةُ، من الأرض، ساطعةً لأنَّ النجمَ الأسطعَ يقعُ أمامَ النجمِ الأخفَت.

النُّجومُ المُتغيِّرة

بعضُ النجوم يتغيَّرُ نُصوعُها، وهذه النُّجومُ مختلفةُ الأصناف. بعضُها، مثلًا، المُسمّاةُ نجومَ القيثارة «آرآر» يتغيَّرُ نُصوعُها في أقلَّ من يوم؛ بينما أُخَرُ من النجوم القيفاويَّة تستغرِقُ ما بينَ اليوم والمئةِ يوم لتتغيَّر. وهناكَ نجومٌ أخرى، تُدعى مُتغيِّراتِ ميرا، قد تستغرِقُ حتّى السَّنتَين لتُكمِلَ دورةَ تغيُّرِها. وجديرٌ بالذِّكرِ أنَّ تغيُّرَ نُصوعِ النجوم القيفاويَّةِ عائدٌ إلى تغيُّرٍ في طبيعتِها – حجمًا ودرجةَ حرارة. فهي تبعثُ ضوءًا أشدَّ في حالِ تمدُّدِها، وأخفتَ في حالِ تقلُّصِها. والنجومُ لا تسلُكُ هكذا دائمًا – إنّما هو السلوكُ الطبيعيُّ لنجمٍ عاديٍّ يمُرُّ بمرحلةِ اللّااستِقرار في أواخرِ حياتِه!

الثُّنائيّاتُ الكُسوفيَّة

يَنتمي قُرابةُ نِصفِ النجومِ في الكَوْنِ إلى نظامِ الثُّنائيات حيثُ يَدورُ نَجْما المنظومةِ الثنائيَّةِ واحدُهما حَوْلَ الآخر. وقد يكونُ النجمانِ مُتقارِبَيْن بحيثُ يكادانِ يتماسّان، أو مُتباعِدَيْن تفصِلُهما ملايينُ الكيلومترات. ويُمكِنُنا كشفُ المَنظوماتِ الثنائيَّةِ بِطُرُقٍ مختلِفة. فإذا تمكَّنّا من رُؤيةِ المَنظومةِ الثنائيَّةِ جانبيًّا من الأرض، نلحَظُ بوضوحٍ تغيُّراتِ النُّصوعِ كُلَّما مرَّ أحدُ النجمَيْن دوريًّا أمامَ الآخرِ حاجبًا نُورَه كُلِّيًّا أو جُزئيًّا. هذه الثُّنائيّاتُ تُسمّى الثُّنائيّاتِ الكُسوفيَّة.

لمزيد من المعلومات انْظُر

الطاقةُ النَّوويَّة ص ١٣٦
مَصادِرُ الضوء ص ١٩٣
الانكسار ص ١٩٦
المَجَرّات ص ٢٧٦
دورةُ حياةِ النُّجوم ص ٢٨٠
الشَّمْس ص ٢٨٤
حقائقُ ومَعلومات ص ٤١٨



دَورةُ حَياةِ النُّجُوم

لا شيءَ في الكَوْنِ يَبْقَى إلى الأبد على حالِه، ولا تُستَثْنَى من ذلكَ النُّجوم. لكن لا يُمكنُنا رؤيةُ نجمٍ يتغيّرُ، لأنّه يُعَمَّرُ بلايينَ وبلايينَ السّنين. إنَّ مَنشأَ النجوم كُلِّها هو سُحبُ الغازِ والغُبار التي كانت قد تكوَّنت ببُطءٍ من الذرّات المُتناثرةِ بضآلةٍ في الفضاء. وهي تُولَدُ جماعاتٍ، يتفرَّقُ مُعْظَمُها، ويبقى بعضُها الآخرُ مُتضامًّا بفِعْلِ الجاذبيّة. ويَعتمِدُ تالي حياةِ النّجم على عِظَم كتلتِه، فكُلّما ازدادت كُتلتُه ازدادت سُرعةُ استِهلاكِه لِوَقُوده الهِدْروجينيّ، وغدَتْ حياتُه أقْصَرَ وأعصَفَ. بعضُ النجُوم تبلُغُ من عِظَم الكُتلَةِ بحيثُ سُرعانَ ما تَنفجِرُ؛ لكنَّ غالبيَّتها، كما شَمْسُنا، تَنعَمُ بفترةِ استِقرارٍ من حياتها تَسْطعُ فيها باطّرادٍ مُستَمِرّ.

مَراحِلُ في حَياة النَّجْم

بَدأتِ الشَّمْسُ حياتَها ضِمنَ مجموعةٍ من النُّجوم، لكنّها الآنَ نجمٌ مُستقِلٌّ بذاته. وتُمَثِّلُ الصُّوَرُ المُرفَقةُ مَراحِلَ حياةِ الشَّمْس منذُ تنشأت كنجم بُدائيّ من سُدُمٍ غازيّة إلى حاضِرِها اليومَ كنجمٍ ساطعٍ مُستقِرٍّ ثُمّ استِمرارًا إلى احتِضارِها مُستقبَلًا كقَزَمٍ أبيض. إنَّ النجُومَ الأعظمَ كُتلةً من الشَّمْس والأشدَّ حُمُوًّا تَستَنفِدُ وَقُودَها بسُرعةٍ أكثرَ كثيرًا، لِذا فهيَ لا تَقضي من أجَلِها إلّا جُزءًا ضئيلًا نِسبيًّا كنجمٍ ساطِعٍ مُستقِرّ.

سَديم

تُولَدُ النجومِ الجديدةِ من سُحُبِ الغازِ والغُبارِ باستمرارٍ على الدوام.

تتقبّضُ أجزاءٌ من السّديم بفِعْلِ الجاذبيّة؛ ويُصبِحُ كلُّ جُزءٍ أشدَّ كثافةً في مركزِه، حيثُ تُحتَبسُ الحرارةُ، لِيَكوِّنَ نجمًا بُدائيًّا.

نَجمٌ بُدائيّ

نَجمٌ من نَمط نُجوم كوكبة الثور «ت»

عندما تبلُغُ حرارةُ النجمِ البُدائيّ حدًّا كافيًا، تبدأُ فيه تفاعُلاتُ الإندِماجِ النَّوويّ، وتَنْبَعِثُ الطاقة. ويتّخِذُ النجمُ نمطَ نجومِ الثورِ-ت المُتغيِّرة، فيما تتناثرُ بقيّةُ السّديم.

تَشُدُّ الجاذبيّةُ ذرّاتِ الهِدْروجين في الشّمْس نحوَ المركزِ حيثُ تتصادمُ وتتدامجُ لتكوِّنَ الهِلْيُوم – مُنْبَعِثةً طاقةً عظيمة، فيما يُبقي ضغطُ المركزِ النجمَ مُتمدِّدًا. وهذه هي الفترةُ المُستقِرّةُ من حياة النَّجمِ حين يُصنَّفُ بين نجومِ المُتوالية الرّئيسيّة.

نَجمُ المُتوالية الرّئيسيّة

يَقْضي نجمٌ كالشَّمْس مُدّةَ ١٠ بلايين سنة كنجمٍ من نُجوم المُتوالية الرئيسيّة. وتُعَدُّ الشّمسُ الآنَ في مُنتصَفِ حياتِها في هذه المُتوالية.

يزدادُ سُطوعُ النَّجم وضِيائيَّتُه كُلّما ازدادَ قلبُه كثافةً وحُمُوًّا.

أقناءُ النُّجوم

تَتَحَشَّدُ داخِلَ مَجرّةِ دَرْبِ التّبانة أقناءٌ نجميّةٌ – عِلمًا أنّ نُجومَ كُلِّ قِنْوٍ تنشأُ من سَحابةٍ واحدةٍ – أي إنّ عُمْرَها واحدٌ وتركيبَها الأوليّ مُتماثِل. هنالك نَمَطانِ من الأقناء – المُبعثَرةُ والكُرَويّة. يَضُمُّ القِنْوُ المُبعثَرُ بِضعَ مِئاتٍ من النجوم العَشوائيّةِ الترتيب، وتتواجَدُ هذه الأقناءُ في الأجزاء الخارجيّة (القُرصِ المُسطَّح) من مَجرّتنا. أمّا الأقناءُ الكُرَويّةُ فيَحوي القِنْوُ منها مِئاتِ الآلافِ من النُّجومِ البالغةِ القِدَم في نَسَقٍ كُرَويّ، وتوجَدُ هذه الأقناءُ في الكُرَةِ الضخمة حَوْلَ مَرْكزِ مَجرّتنا.

- أقناءٌ (حُشُدٌ) مُنتثِرة من النجُوم الناشِئة
- أقناءٌ من النجُوم المُتوسّطةِ العُمْر
- أقناءٌ كُرَويّةٌ من النجُومِ القديمة



قِنْوُ نُجوم الثُّرَيّا

قِنْوٌ مُبعثَر

الثُّرَيّا قِنْوٌ مُبعثَرٌ من النجُوم الفَتيّة (والفَتيّة في مُصطلحات النجُوم تعني أنّ عمرَها حوالى ٦٠ مليون سنة) تنتشِرُ على مَدى ٣٠ سنةً ضوئيّةً في الفَضاء. يَبدو قِنْوُ الثُّرَيّا للعَيْنِ المُجرَّدة كلُطخةٍ ضوئيّةٍ ضبابيّةٍ تَبرُزُ من بينِها سبعةُ نجومٍ نيّرة؛ أمّا بواسطة مِقرابٍ قويّ فيُمكِنُنا مُشاهدةُ أجرامٍ أكثرَ بكثيرٍ من نُجومِه الضّارِبة إلى الزُّرْقة، إضافةً إلى سُحُبِ الغازِ والغُبار التي تغلغلَتْ فيها تلكَ النُّجوم.

قِنْوٌ كُرَويّ

تتألّفُ الأقناءُ الكُرَويّةُ من نُجومٍ بالِغةِ القِدَم يُعتقَدُ أنّها نشأت في الزّمَن نفسِه كالمَجرّات التي تحتويها. لِذا يُمكِنُ أنْ تُوَفِّرَ هذه الأقناءُ الكُرَويّةُ معلوماتٍ عن مَراحل الحياةِ الأولى لِدَرْبِ التّبانة. قِنْوُ نُجومِ الطُّوقان ٤٧ هذا، يُرى بالعَيْنِ المُجرَّدة من نِصفِ الكُرة الجنوبيّ لِلأرض.



قِنْوُ نُجوم الطُّوقان ٤٧

النُّجومُ النيوترونيَّة

عندما يتقبَّضُ نجمٌ، كُتلته بين ١،٤ وَ ٣ مرّات كُتلةِ الشَّمس، يُخلِّفُ وراءه قلبًا يُدعى نجمًا نيوترونيًّا. ويبلغُ عُنفُ التقبُّضِ حدًّا يجعلُ إلكتروناتِ الذرّات تندمجُ مع بروتوناتها لتكوِّنَ نيوترونات؛ وتتراصُّ مادةُ النجم كُلُّها في كُرةٍ كثافتُها تفوقُ التصوُّر، يبلغُ قُطرُها حوالى ١٠كم، تنبعثُ طاقةٌ عظيمة. والپلْسارُ هو نجمٌ نيوترونيٌّ يدوِّمُ بسُرعةٍ مُبتعثًا نبضاتٍ ضوئيّةً نحوَ الأرض (كالمَنارة). وكانَ الفلكيّان البريطانيان، جوسْلين بْرِنِل وأنطوني هيوش أوَّلَ مَن اكتشفَ الپلْسارات عام ١٩٦٧.

في العام ١٠٥٤، سجَّلَ الصينيّون ظهورَ نجمٍ، مِمّا يُدعى اليومَ مُتجدِّدًا أعظم، كان من شِدَّةِ السُّطوعِ بحيثُ يُرى في ضوءِ النهار. وتشاهَدُ بقايا تفجُّرِ هذا النجم حاليًّا في سَديم السَّرطان، وقد غدا قلبُه پلْسارًا يُدوِّمُ ٣٠ مرّةً في الثانية.

تغدو طبقاتُ النجمِ الخارجيّةُ غيرَ مُستقرّةٍ وتُنْفَثُ في الفضاء. ولا تحتفظُ الطبقاتُ الداخليّةُ بتمدُّدها لانعدامِ الطاقةِ الكافيةِ فيها، فتتقبَّضُ بسُرعةٍ فائقةٍ وعُنفٍ بحيث تتراصُّ الذرّاتُ معًا؛ فيتحوَّلُ النَّجمُ إلى قزمٍ أبيضَ - يخبو ببُطءٍ مُتحوِّلًا إلى قزمٍ أسود.

نجمٌ قزمٌ أبيض

إحتضارٌ بَديل

لا تنتهي حياةُ النُّجومِ جميعها كأقزامٍ بيض؛ فبعضُ العظيمةِ الكُتلةِ منها تنتهي حياتُها بشكلٍ مَشهديٍّ لافِتٍ - إذ تتقبَّضُ بسُرعةٍ هائلةٍ فتتفجَّرُ كسُوپِر نوفا (مُتفجِّرٍ أعظم). وقد يظَلُّ القَلْبُ كنجمٍ نيوترونيٍّ أو كثقبٍ أسودَ؛ فيما يُوفِّرُ الرمادُ والغُبارُ المُنطلِقُ بعيدًا مادةً لتكوينِ نُجومٍ جديدة.

نجمٌ قيفاوي

تَبدأ في الهِلْيُوم المُتبقّي تفاعُلاتُ الإندماج النَّوويّ مُكوِّنةً الكربون، ويُدعى النجم حينئذٍ نجمًا قيفاويًّا، وهو يتقلَّصُ ويتمدَّدُ باستِمرارٍ فاقدًا الطبقاتِ الخارجيّةَ من المادةِ فيه.

نجمٌ عِملاق أحمر

يزدادُ سُطوعُ النجمِ المُتفجِّرِ ملايينَ المرّاتِ على مدى أسابيعَ وأشهُرٍ، فيبدو مُتألِّقًا في السَّماء كنجمٍ مُتجدِّدٍ أعظم.

إستُنفِدَ الهِدْروجين، لكنَّ حرارةَ المركزِ الآنَ هي من الشِّدّةِ بحيثُ يتمدَّدُ النجمُ - بينما يبرُدُ سطحُه مُتحوِّلًا إلى نَجمٍ أحمرَ يُدعى عملاقًا أحمر.

الثُّقوبُ السَّوداء

تَعتري النَّجمَ الذي تزيدُ كُتلتُه على ثلاثةِ أضعافِ كُتلةِ الشَّمسِ أحداثٌ غريبة. ففي نهايةِ حياته، يتقبَّضُ النجمُ مُتراصًّا أكثرَ فأكثرَ وتتزايدُ كثافتُه أكثرَ فأكثرَ حتّى لا يستطيعَ الإفلاتَ من جاذبيّتِه شيءٌ حتّى الضوء. وهكذا يصبحُ ثقبًا أسودَ ذا مُفرَديّةٍ (نُقطةٍ لامُتناهيةِ الكثافة) في مركزِه.

جاذبيّةُ الثُّقبِ الأسودِ الهائلةُ تسحَبُ إلى داخلِه موادَّ من نجمٍ مُجاوِر، وهذا يجعلُ اكتشافَ الثُّقبِ مُمكِنًا. فالموادُّ المُدوِّمةُ أثناءَ دُخولِها الثقبَ تُصبِحُ حارّةً جدًّا، وتبتعِثُ أشِعّةً سينيّةً يُمكِنُ كشفُها.

ينْحني الضَّوءُ بقدْرٍ كبيرٍ حَوْلَ الثُّقبِ الأسود - فلا يستطيعُ الإفلات.

الأجسامُ الماديّةُ تُقوِّسُ الفضاءَ حسَبَ نظريّةِ النِّسبيّةِ العامّة. ولو كانَ الجِسْمُ الماديُّ الكونيُّ هائلَ الكثافة (بتَراصِّ كميّةٍ كبيرةٍ من المادّةِ في حيِّزٍ صغير)، فقد يَمطُلُ الفضاءَ إلى هاويةٍ سحيقةٍ - كثقبٍ أسودَ كبير.

لمزيد من المعلومات انظُر

البِنْيةُ الذَّريّةُ ص ٢٤
الجاذبيّةُ ص ١٢٢
الطّاقةُ النَّوويّةُ ص ١٣٦
أصْلُ الكَوْن ص ٢٧٥
المجرّات ص ٢٧٦
النُّجوم ص ٢٧٨
الشَّمس ص ٢٨٤

يبْدو النَّجمُ كأنّه في موقعٍ مُختلفٍ عن موقعه الحقيقيِّ لأنَّ ضوءَه انحنى بتأثيرِ الشَّمس.

موقعُ النَّجم الحقيقيّ

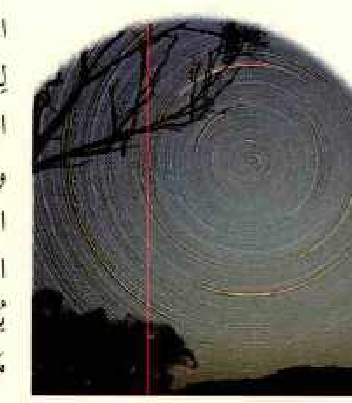
موقعُ النَّجم الظاهريّ

نظريّةُ النِّسبيّةِ العامّة

في العام ١٩١٥، نَشرَ ألبرت أينشتين نظريّتَه المُثيرةَ حينئذٍ والشهيرةَ حاليًّا باسم نظريّةِ النِّسبيّةِ العامّة. وهي تُقدِّمُ مفهومًا مُختلِفًا تمامًا حَوْلَ الجاذبيّةِ باعتبارِها خاصّةً فضائيّةً لا قُوّةَ تجاذُبٍ بين الأجسام. فالأجسامُ الماديّةُ تُقوِّسُ الفَضاءَ كما يُقوِّسُ ثِقْلٌ شبكةَ «الترامبولين»، وهكذا «تسقُط» الأجسامُ نحو أجسامٍ أخرى؛ حتّى الضَّوءُ «يسقُط» في الفراغِ المُقوَّسِ حَوْلَ جِسْمٍ مّا فينْحني مَسارُه. وقد وُضِعَت هذه النظريّةُ الغريبةُ على المِحَكِّ أثناءَ كُسوفٍ لِلشَّمس عام ١٩١٩ حينَ رُصِدَ عمليًّا إنحناءُ أشِعَّةِ الضوءِ من نَجمٍ بعيدٍ بِفِعْلِ جاذبيّةِ الشَّمس - لقد كانَ أينشْتين على حَقّ!

الكَوْكَبات (الأَبْراج)

النِّقاطُ الضوئيَّةُ المُتَلأْلِئَةُ في سَماءِ الليل تَبدو جميعُها مُتماثِلةً لِلوَهلةِ الأُولى. مُنذُ آلاف السِّنين، قَسَّمَ الفلكيُّونَ القُدامَى النجومَ إلى مجموعاتٍ تَمثَّلوها في صُوَرٍ خياليَّةٍ، كَصُوَرِ العَقْرب والدُّبِّ والأسد، بحيثُ يَسهُلُ استِذكارُها - وهكذا وُلِدَ نظامُ الكوكباتِ المعروف. الواقِعُ أنَّه لا علاقةَ بين نُجومِ الكوكبة الواحدة، فهي تبدو في أشكالِها ومَجموعاتِها تِلك فَقط عِندما يُنظَر إليها من الأرض. والنجومُ كُلُّها بعيدةٌ جِدًّا بحيثُ تبدو في مَدى البُعدِ نَفْسِه، وهي تتحرَّكُ معًا كأنَّها مُلصَقةٌ داخِلَ طاسٍ هائل - هُو الكُرَةُ السَّماويَّة.



مَساراتُ النُّجوم

تبدو النُّجومُ، من الأرض، وكأنَّها تَدومُ حَوْلَ نُقطتَيْن وَهْميَّتَيْن في السَّماء - هما القُطبانِ السَّماويَّان الشماليُّ والجنوبيّ. الصُّورةُ أعلاه تُظهِرُ مَساراتِ النجوم في سَماء الليلِ من آثارِها الضوئيَّة.



الجبَّار

الجبَّارُ كوكبةٌ تَسْهُلُ مُشاهدتُها في صورةِ مُحاربٍ تُحدِّدُ كَتِفَيْه ورُكْبَتَيْه أربعةُ نجوم ساطعة، وتُميِّزُ حِزامَه ثلاثةٌ أُخَرُ، دونَها نَجمٌ آخرُ (سُدَيمُ الجبَّار) يُمثِّلُ سيفَه.

تَصْنيفُ النُّجوم

يَستخدِمُ الفلكيُّون مَنظومةً، مُتَّفقًا عليها دوليًّا، تَضُمُّ ٨٨ كوكبةً - تُعرفُ إثنتا عشْرَةَ منها بدائرةِ البُروج. وهذه تُشكِّلُ السِّتارةَ الخَلفيَّةَ لحركاتِ الكواكبِ السيَّارة والقَمَر والشَّمس. وتُميَّزُ النجومُ المُختَصَّةُ داخلَ إحدى الكوكباتِ بحرفٍ من الأبجديَّة اليونانيَّة فيُرقَمُ النَّجمُ الأكثرُ سُطوعًا ألفا، والتالي بيتا، وهكذا دواليك.

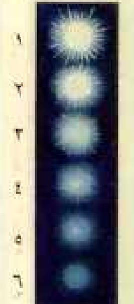
الأرض داخِلَ «الكُرَة السَّماويَّة»

تَبدو الشَّمسُ من الأرض في مَسارٍ ظاهِريٍّ سَنَويٍّ على خَلفيَّةٍ من النجوم. ويُطلَقُ على كوكباتِ النجوم في هذه الخلفيَّة دائرةُ البُروج.

تُستخدَمُ أنماطُ النجوم وأوضاعُها في المِلاحة (فنَجمُ القُطب يُحدِّدُ القُطبَ الشماليَّ للأرض) كما في التقاويم (فمن الأرض تُشاهَدُ أبراجٌ مُختلِفةٌ من النجوم خِلالَ السنة، أثناءَ دورانِ الأرض حَوْلَ الشَّمس).

القَدْر - قِياسُ النُّصوع

يَستخدِمُ الفلكيُّون أرقامًا في تقدير نُصوعِ النُّجوم. فمِقياسُ القَدْرِ الظاهِريِّ لا يصِفُ نُصوعَ النجم على حقيقتِه، بل كيفَ يبدو ذاكَ النُّصوعُ من الأرض. وكُلَّما ازدادَ الرقْمُ المُعطَى للنجم ازدادَ خفوتُه. والنجومُ ذاتُ قَدْرِ النُّصوع من ١ إلى ٦ يُمكِنُ رؤيتُها بالعَيْنِ المُجرَّدة.



خريطةٌ نَجميَّةٌ حَديثة.



بعضُ الخرائطِ النجميَّةِ القديمة كانت تَفنُّنيَّةً أكثرَ منها علميَّة.



الخرائطُ النجميَّة

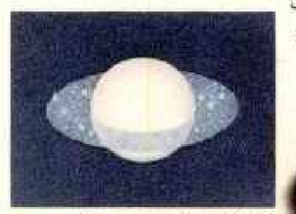
الخرائطُ النجميَّةُ القديمةُ حشَدَتِ السَّماءَ الشماليَّةَ بالحيوانات والأشكالِ الأُسطوريَّة. ومعَ ازديادِ حركةِ المِلاحة جنوبًا صارَ بالإمكان تخطيطُ المَزيدِ من السَّماء. وبظهورِ التلِسكوبات وتطوُّرِ تقنيَّاتِ الرَّصْد تحدَّدَتْ مَواقِعُ النجوم بدقَّةٍ مُتزايدة. وتلاشى، أوكادَ، إنتاجُ الخرائطِ التي تُبرِزُ الأبراجَ فَنِّيًّا. وبدأَ لاحقًا إعدادُ الخرائطِ الفلكيَّة فوتوغرافيًّا بواسطةِ الحواسيب. واليومَ تخطِّطُ السواتلُ مَواقعَ النجوم بدقَّةٍ وسُرعةٍ فائقتَيْن.

لمزيد من المعلومات انظر

الكَوْن ص ٢٧٤
النُّجوم ص ٢٧٨
دَورةُ حياةِ النجوم ص ٢٨٠
عِلمُ الفَلَك ص ٢٩٦
التلِسكوبات الأرضيَّة ص ٢٩٧
حقائقُ ومَعلومات ص ٤١٨

النِّظامُ الشَّمْسيّ

منذُ مَلايينِ السِّنين تَنشَّأَتْ عائلةٌ من الكواكبِ السيَّارة في مَداراتٍ حَوْلَ الشَّمْس، وهي معَ الشمسِ تؤلِّفُ ما يُعرفُ بالنظام الشَّمْسيّ. ويَضُمُّ هٰذا النظامُ الفلكيُّ، الممتدُّ على مَدى ١٢٠٠٠ مليون كم في الفضاء، أيضًا، الكُوَيكباتِ (السيَّارات الصغيرة بين مَدارَي المِرّيخ والمُشتري) والمُذَنَّباتِ والأقمارَ (الأجسامَ الدائرة حَوْلَ الكواكبِ السيَّارة) والغُبارَ بينَ الكواكب. والشَّمْسُ هي الجِرمُ المُهَيمنُ في هذا النظام - إذ تشَكِّلُ أكثرَ من ٩٩ بالمئة من كُتلتِه الإجماليَّة. قَديمًا اعتُبِرَ هذا النِّظامُ مركزَ الكَونِ والجُزءَ الأكبرَ مِنه. لكنّا نعلمُ اليومَ أنَّ نِظامَنا الشَّمسيّ ما هو إلّا بُقْعَةٌ هبائيّةٌ الضالَةِ بالمُقارَنة معَ بَقيَّةِ الكَوْن.



إكتشفَ الفلكيُّون نُطُقًا من الغازِ والغُبارِ حَوْلَ بعضِ النجُومِ الفتيَّة، ممّا يَعني إمكانيَّةَ وُجودِ أنظمةٍ فلكيَّةٍ كواكبيَّةٍ أُخرى.

نَشأةُ النِّظامِ الشَّمْسي

نشأتِ الكواكبُ السيّارةُ والأجرامُ الأُخرى في المنظومة، منذ ٤٦٠٠ مليون سنة، من بقايا المادةِ المُتخلِّفة من تكَوُّنِ الشَّمْس. فقد كانت الشَّمْسُ مُحاطةً بكُرَةٍ من الغاز (مَزيج من الهيدروجين والهِلْيُوم) والغُبار (حديد وصخور وثلج)، تُدعى السَّديمَ الشَّمْسيّ، تحوَّلتْ لاحِقًا إلى قُرصٍ مُسَطَّحٍ دوَّار. ثُمّ تلاصقَ الغُبارُ بعضُه ببعض مُكوِّنًا أربعَ كُتَلٍ - هي عُطارِدُ والزُّهَرة والأرضُ والمِرّيخ. وفي نطاقٍ خارجيٍّ أبعدَ، اتَّحدَ الغُبارُ والثَّلج بالغازاتِ لِتكوين المُشتَري وزُحَلَ وأورانُوسَ ونبتون. أمّا نشأةُ بلُوتو فمُختلِفةٌ - فلعلَّهُ قمرٌ فالِت.

مَدارُ بلُوتو
مَدارُ نبتون
مَدارُ أورانُوس
مَدارُ المِرّيخ
مَدارُ الأرض
مَدارُ المُشتَري
مَدارُ الزُّهَرة
مَدارُ عُطارِد
مَدارُ زُحَل

مَداراتُ جميعِ الكواكبِ في المُستوى نَفْسِه عدا مَدارَي عُطارِد وبلُوتو.

المَدارات

النظامُ الشَّمْسيّ قُرصيُّ الشَّكْلِ مَركَزُه الشَّمْسُ؛ والكواكبُ السيَّارةُ تَدورُ حَوْلَها في مداراتٍ (أو أفلاكٍ) مُعيَّنةٍ في اتّجاهٍ واحدٍ لكنْ بِسُرعاتٍ مُختلفة. وهي تَستغرِقُ أوقاتًا مُختلِفةً لِتُكمِلَ دَورانَها حَوْلَ الشَّمْس.

لمزيد من المعلومات انظُر

الجاذبيَّةُ تُبقي الكواكبَ السيَّارةَ في أفلاكِها حَوْلَ الشَّمْس، والأقمارَ في مداراتِها حَوْلَ الكواكبِ السيَّارة. ويقلُّ تأثيرُ الجاذبيَّةِ بازدياد المسافة؛ فكلَّما ازدادَ بُعدُ الكوكبِ السيَّار عن الشَّمْس تقِلُّ الجاذبيَّةُ وتُصبِحُ حركتُه أبطأ.



أحجامُ الكَواكِبِ السيّارة

يَهتمُّ الفلكيُّونَ بكُتلةِ الجِرم (أي كميّة المادّة فيه) أكثرَ من اهتمامِهم بقُطرِه (أو حَجمِه). أكبرُ الكواكبِ السيَّارة كُتلةً وحَجمًا هو المُشتَري.

عُطارِد
الزُّهَرة
الأرض
المِرّيخ
المُشتَري
زُحَل
أورانُوس
نِبتُون
بلُوتو

الجاذبيَّةُ في النِّظامِ الشَّمْسيّ

ما الذي يُبقي كواكبَ النِّظام الشَّمْسيّ في أفلاكِها؟ إنَّها الجاذبيَّةُ - وهي قوَّةُ تجاذُبٍ بين كُتلَتَي جِسْمَيْن تتناسَبُ طَرْديًّا مع مِقدارَي كُتلتَيهما وعَكسيًّا مع مُربَّعِ المَسافة بينَهما حَسْبَما يَنُصُّ قانونُ الجاذبيَّة العام لنيوتن. والجاذبيَّةُ تُبقي مادةَ الجِرم مُتماسِكةً، وإذا كانت قويَّةً بما فيه الكفاية، فإنَّها تجذِبُ غازاتٍ نحوَ الكوكبِ السيَّار أو القَمرِ فتكَوِّنُ جوًّا حَوْلَه. في القَرْنِ السابعَ عشرَ، تقصَّى العالِمُ الإنكليزيُّ، إسحق نيوتن، حركةَ القَمرِ والكواكبِ السيَّارة، ووَضعَ قانونَ الجاذبيَّةِ العام الذي هو أحدُ القوانينِ الأساسيَّةِ في الكَوْن.

الشَّمْس

الشَّمْسُ أقربُ النجُومِ إلينا، وبِدراستِها يُمكِنُنا تعرُّفُ الكثيرِ عن النجُومِ الأُخرى في الكَوْن. فهِيَ، كسائرِ النجوم، كُرَةٌ ضخمةٌ مُضيئةٌ من الغازاتِ الحارَّةِ يتألَّفُ معظَمُها من الهِدْروجين وبعضِ الهِلْيوم وكمِّيَّاتٍ ضئيلةٍ من العناصرِ الأخرى. وتجري داخلَ الشَّمسِ تفاعُلاتُ الإندِماجِ النَّوويِّ بِاستِمرار مُولِّدةً الطاقةَ كضوءٍ وحرارة، فتبلغُ درجةُ الحرارةِ في مركزِها حوالى ١٤٠٠٠٠٠٠°س. تنشَّأتِ الشَّمسُ من سَديمِ غازٍ وغُبارٍ منذُ حوالى ٥٠٠٠ مليون سنة ضِمنَ مجموعةٍ من النجُومِ تفرَّقَتْ بِبُطءٍ لاحقًا، فغدتِ الشَّمسُ الآنَ نجمًا مُنفردًا بذاتِه. وتتميَّزُ الشَّمسُ كما نعلم، بينَ سائرِ النجومِ بمَنظومَتِها من الكواكبِ السيَّارة. والشَّمسُ بالنِّسبةِ لِلأرض، أحدِ هذه الكواكب، ليست النجمَ المركزيَّ القديمَ فقَطْ بل مَصدرُ الطاقةِ للحياةِ فيها أيضًا.

تُشاهدُ الشُّوَظُ (ج. شُواظ) الشمسيَّةُ فقط أثناءَ كُسوفِ الشَّمسِ الكُلّيّ أو باستِخدامِ مُعدّاتٍ خاصّةٍ.

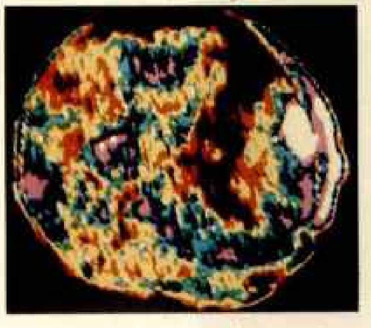
الشُّوَظُ الشَّمسيَّة

تتفجَّرُ من سَطحِ الشَّمسِ النَّيِّر (الفوتوسفير) أحيانًا سُحُبٌ ضخمةٌ من الغازِ اللاهبِ المُتوهِّجِ تُعرَفُ بالإندلاعاتِ والشُّوَظِ الشَّمسيَّة، وهي تُرافِقُ البُقَعَ الشمسيَّةَ عادةً. الاندلاعاتُ الشمسيَّةُ توهُّجاتٌ ساطعةٌ فجائيَّةُ الإندفاعِ لا تدومُ طويلًا – فيما قد يصلُ ارتفاعُ الشُّواظِ الكبيرِ إلى ١٠٠٠٠٠كم، ويدومُ عدَّةَ شُهور.

طِباقيَّةُ الشَّمس

تتألَّفُ الشَّمسُ من طَبقاتٍ غازيَّةٍ مُختلِفة. فسَطحُ الشَّمسِ النَّيِّرُ المَرئيّ يُدعى الفُوتوسفير، ويبدو مُرقَّشًا بفقاقيعِ الغازاتِ المُدَوِّمةِ فيه. وتُحيطُ بالفُوتوسفير طبقةٌ لا تُرى من الغازِ تُدعى الغلافَ اللوني (الكروموسفير). وتُدعى الطبقةُ، فوقَ الغلافِ اللوني، الإكليلَ؛ وتبدو كهالةٍ مُتضائلةٍ نحو الفضاء.

هذه الصُّورةُ لِلشَّمسِ، بالأشعَّةِ فوقَ البنفسجيَّةِ، تُظهِرُ ثُقبًا في الإكليل.



شَمسُ الأشِعَّةِ فوقَ البنفسجيَّة

اليومَ ما عادتِ الشَّمسُ تُصَوَّرُ فقط بالضوءِ المَرئيّ، بل أضحتْ صُوَرُها تُسجَّلُ أيضًا بمختلفِ الأشِعَّةِ الأخرى التي تبثعُها. فلدى الفلكيِّين مُعدَّاتٌ خاصَّةٌ تستطيعُ التقاطَ الصُّوَرِ بالأطوالِ الموجيَّةِ الأخرى، كفَوقِ البنفسجيَّةِ وتحتَ الحمراء، تُبيِّنُ تفاصيلَ مُهِمَّةً لا تستطيعُ الصُّوَرُ العاديَّةُ إظهارَها.

تُدَوِّمُ الشَّمسُ حولَ مِحورِها من الشَّرقِ إلى الغرب؛ وبسببِ طبيعتِها الغازيَّةِ تختلِفُ فترةُ الدَّورانِ من ٢٥ يومًا في الوَسطِ (عند خطِّ استوائها) إلى ٣٠ يومًا في قُطبيها (في أعلاها وأسفلِها). وقد اكتُشِفَ ذلك برَصدِ تحرُّكاتِ البُقَعِ الشَّمسيَّة.

إيَّاكَ التَّطلُّعَ مُباشَرةً إلى الشَّمسِ بمنظارٍ ثُنائيِّ العينيَّةِ أو بمِقرابٍ (تلسكوب)



مِقرابُ (تلسكوب) شَمسيّ

يَستخدِمُ الفلكيُّونَ مُعدَّاتٍ خاصَّةً، مُركَّزةً على الأرضِ أو محمولةً في الفضاء، لدراسةِ الشَّمس. فيُجمَعُ ضوءُ الشَّمسِ ثُمَّ يُفلَّقُ بواسطةِ المطياف إلى طيفٍ شمسيّ (يُبيِّنُ الأطوالَ الموجيَّةَ الضوئيَّةَ المُختلفةَ التي تبثعُها الشَّمس). وجديرٌ بالذِّكرِ أنَّ مُعظَمَ معلوماتِ الفلكيِّين عن الشَّمسِ حَصَلوا عليها من دراسةِ أطيافِها.

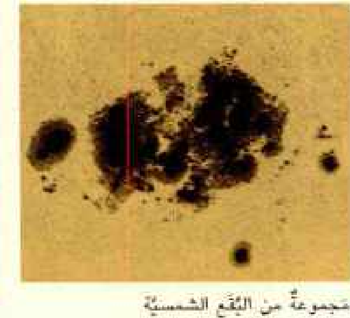
أشِعَّةُ الشَّمس

تنعكسُ أشعَّةُ الشَّمسِ سُفلًا إلى مرآةٍ في نَفَقٍ تحتَ الأرض. وتتكوَّنُ صورةُ الشَّمسِ في غُرفةٍ مُراقبةٍ حيثُ يستطيعُ الفلكيُّونَ دراسةَ ضوئها.

أحدُ التِّلسكوباتِ الشمسيَّةِ في المَرصَدِ الوطنيِّ في كِتْ بِيك، بالولاياتِ المُتَّحِدة.

البُقَعُ الشَّمسيَّة

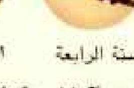
أحيانًا تَظهَرُ الفوتوسفير، بالمُعاينةِ الدقيقةِ، مُنخَرِبةً ببُقَعٍ مُظلِمةٍ تُعرَفُ بالكُلَفِ الشمسيَّة، وهي تبدو مُظلمةً لأنَّها أبردُ مِمَّا حَولَها. إنَّ حدوثَ هذه البُقَعِ عائدٌ للمَجالاتِ المغنطيسيَّةِ التي تُبطِئُ سَريانَ الحرارةِ إليها من مَركزِ الشَّمس. والبُقَعُ الشمسيَّةُ ذاتُ مَركزٍ مُظلِمٍ يُسمَّى الظِّلَّ يُحيطُ به جارٌ أفتحُ لونًا يُسمَّى شِبهَ الظِّلّ. وهذه البُقَعُ تحدثُ عادةً أزواجًا أو مَجموعاتٍ.



مَجموعةٌ من البُقَعِ الشمسيَّة








السنةُ الأولى – السنةُ الرابعة – السنةُ السابعة – السنةُ العاشرة – السنةُ الثانيةَ عشرة

تستغرِقُ دَورةُ البُقَعِ الشمسيَّةِ ١١ سنةً. في بدايتها يكونُ سطحُ الشَّمسِ خاليًا من البُقَع؛ ثمَّ يظهرُ بعضُها في أعلى السَّطحِ وفي أسفلِه؛ ثمَّ تختفي البُقَعُ وتتشكَّلُ بُقَعٌ جديدةٌ أقربَ فأقربَ من خطِّ الاستِواء (نحو وَسَطِ القُرص).

آرثر إدنجتُن

كان الفلكيُّ الإنكليزيُّ، السِّير آرثر إدنجتُن (١٨٨٢-١٩٤٤) أوّلَ مَن أسهمَ في كَشْف خفايا التركيبِ الداخليِّ لِلنجوم. وقد اكتشفَ أنَّ ضِيائيَّةَ النجم (كمّيّةَ الضوءِ التي يبتعثُها) تعتمدُ على عِظَمِ كُتْلتِه. كذلك كان إدنجتن أوّلَ مَن وجَدَ إثباتًا عمليًّا لِلنظريّةِ النِّسبيّةِ لأينشتين بتسجيلِه انحناءَ أشِعّةِ الضوء من نجم بَعيدٍ جِدًّا أثناءَ كُسوفٍ كُلّيٍّ لِلشَّمس عامَ ١٩١٩.

سيرةُ حياةِ الشَّمْس

بالمُصْطَلَحاتِ النجمِيّةِ، شَمْسُنا الآنَ في مُنْتصَفِ عُمْرِها، وستُحْتَضَرُ في يوم من الأيام. لكِنْ لا يُساوِرَنَّكَ القَلَقُ، فأمامَ الشَّمْس ٥٠٠٠ مليون سنةٍ أخرى، ستبْقى تُشِعُّ فيها قَبْلَ أن تَسْتَنْفِدَ وَقُودَها من الهَدْروجين. ومن ثَمَّ ستَبْدأُ باستِهلاكِ مُحْتواها من الهِلْيوم مُتَحَوِّلةً إلى نجمٍ عملاقٍ أحْمَر يُشِعُّ ١٠٠٠ مَرّةٍ أَضْعافَ من إشعاعِها، ويَزْدادُ حجمُه ١٠٠ مَرّةٍ أكثرَ من حجمِها، الآنَ. ثمّ سيتَقَلَّصُ هذا إلى نجمٍ قَزَمٍ أبيضَ بحَجْم الأرض. وبَعْدَ مُضيِّ آلافِ مَلايينِ السنين سيبرُدُ هذا النجمُ وتنتهي حياتُه كجِسْمٍ أسودَ باردٍ يُدعى قزمًا أسودَ.

تُمثِّلُ الكُرَةُ الحمراءُ البُرتقاليّةُ الهائلةُ حجمَ الشَّمْس المُتَوَقَّعَ في أواخرِ حياتِها، حينَ تُصبِحُ نجمًا عملاقًا أحمرَ يستغرِقُ كوكبَ عُطارِد وربَّما الزُّهَرة أيضًا.

سيجمَعُ السّابِرُ يُوليسيز أيضًا معلوماتٍ عن قُطبَي الشَّمْس عندما يَصِلُ إلى هذه النقطة.

مَسارُ السّابِر يُوليسيز

المِرّيخ

الزُّهَرة

الجِزامُ الأخضر يُمثِّلُ النِّطاقَ الضئيلَ الصالحَ لِتواجُدِ الكائناتِ الحيّةِ في نظامِنا الشَّمْسيّ، ومن حُسْنِ التقاديرِ أنَّ كوكبَ الأرض يَدورُ ضِمنَ هذا النِّطاق.

الأرض

الشَّمْس

عُطارِد

مِن حُسْنِ التقادير أنْ تتواجَدَ الأرضُ في موقعٍ مُلائمٍ بالنِّسبةِ إلى الشَّمْس. فلو كانَت أقربَ مِمّا هي عليه لكانت حارّةً جدًّا بحيثُ يتعذَّرُ نُشوءُ الحياةِ عليها، ولو كانت أبعدَ لكانت أبردَ مِمّا يلائمُ الحياةَ.

استخدَمَ السّابِرُ يُوليسيز جاذبيّةَ المُشْتري ليَلُفَّ في مَسارِه الصحيح.

في هذه النقطةِ من رِحلتِه سيتمكَّنُ السّابِرُ يُوليسيز من ٱلتِقاطِ مَشهدٍ جيِّدٍ لِقُطبَي الشَّمْس.

يُوليسيز

يَهُمُّ العُلماءَ مَعرفةُ مُجمَلِ كمّيّةِ الطاقةِ الذي يَصِلُ من الشَّمْس إلى أعالي جَوِّ الأرضِ في الثانية، ويُعرفُ هذا بالثابتِ الشَّمْسيّ. والأرضُ تتأثَّرُ طبعًا بتغيُّراتِ هذا الثابت. وكان السّابِلُ الشَّمْسيّ ماكس قد تقصَّى هذا الثابتَ الشَّمْسيَّ في ثمانينيّاتِ القرن العشرين، كما يُفترَضُ أنَّ السّابِلَ يُوليسيز تقَصّى المَزيدَ من المعلوماتِ عن الشَّمْس في العامَيْن ١٩٩٤ و١٩٩٥.

أُطلِقَ السّابِرُ يُوليسيز عام ١٩٩٠ لِتقَصّي قُطبَي الشَّمْس (وهُما لا يُرَيان مِن الأرض).

ضوءُ الشَّمْس

يَحْدُثُ الكُسوفُ فقط عندما يقَعُ القمَرُ مُباشرةً بينَ الأرضِ والشَّمْس.

شِبْهُ الظِّلِّ

الظِّلّ

الأرض

يَحْدُثُ الكسوفُ أو الخسوف لأنَّ الشَّمْسَ والقَمرَ يبدوانِ بحجمٍ مُتساوٍ ظاهريًّا في سَماءِ الأرض. والحقيقةُ، إنَّ الشَّمْسَ أكبَرُ من القمَرِ بحوالي ٤٠٠ مَرّةٍ، لكِنْ بما أنّها أبعدُ عنه بحوالي ٤٠٠ مَرّةٍ أيضًا، فإنّهما يبدوانِ ظاهريًّا بحجمٍ واحد.

تغيُّرٌ في مَدارِ القمَر

الكُسوفُ الشَّمْسيّ

في أوقاتٍ مُحَدّدةٍ تَتسامَتُ الأرْضُ والقمَرُ والشَّمْسُ بحيثُ يَحْجُبُ القمَرُ ضوءَ الشَّمْس جُزئيًّا أو كُلّيًّا عن الأرض، ويُعرَفُ هذا بالكُسوف. إنَّ ظِلَّ القَمَرِ التامَّ يُغطّي مِنطقةً صغيرةً فقط من سَطحِ الأرض. فالناسُ الموجودون في نِطاقِ هذا الظِّلِّ يُشاهِدون حينئذٍ كُسوفًا كُلّيًّا للشَّمْس بسَبَبِ حَجْبِ القَمَرِ لِقُرصِها تمامًا. ويُحيطُ بالظِّلِّ التامِّ للقَمَرِ على الأرض مِنطقةٌ من الظِّلِّ الجُزئيّ، تُسَمّى شِبهَ الظِّلّ؛ والناسُ المُتواجدون فيها يُشاهِدون كُسوفًا جُزئيًّا لِلشَّمْس فقط.

لِمزيدٍ من المعلومات انْظُر

الآلاتُ البَصَريّةُ ص ١٩٨
الظِّلال ص ٢٠١
النُّجوم ص ٢٧٨
دورةُ حياةِ النُّجوم ص ٢٨٠
النِّظامُ الشَّمْسيّ ص ٢٨٣
حقائقُ ومَعلومات ص ٤١٨

عُطارِد والزُّهَرَة

أقربُ الكواكبِ إلى الشَّمْس هما كوكبا عُطارِدَ والزُّهَرَة، وقد عُرفا ورُصِدا منذُ القِدَم. وعُطاردُ هو الأعسَرُ مشاهدةً بينَ الكواكب لأنَّ الناظرَ إليه يجهَرُ عادةً بوَهَجِ الشَّمْس. بالمُقارنة، فإنَّ الزُّهَرَة تَسهُل رؤيتُه، إذ هُوَ ألمعُ جرمٍ في الفضاء بَعدَ الشَّمْس والقَمَر. وكوكبُ الزُّهَرَة، كالقَمَر، تتغيَّرُ أوجُهُه دوريًّا - من هِلالٍ نَحيل إلى قُرْصٍ تامّ؛ وكان غاليليو غاليلي أوَّلَ من لاحَظَ تلك الأوجُهَ عام ١٦١٠. لكنَّ معلوماتِنا الحاليةَ عن طبيعةِ عُطاردَ القاحلةِ العديمةِ الحياة، وعن عالَمِ الزُّهَرَةِ المُوحِش، خَلْفَ مَظهره الرائق، لم تتوضَّحْ لِلفلكيِّين إلّا بعدَ تقصِّيهما حديثًا بالسَّوابر الفضائيَّة ومُعَدّاتِها المُتطوِّرة.

عُطارِد
الزُّهَرَة
الدِّثارُ الصخريّ والقِشْرة
القَلْبُ المعدني (الفِلِزّي)

بِنْيَةُ عُطارِد
المَجالُ المغنطيسيُّ الضعيفُ لِكوكبِ عُطاردَ وكَثافتُه العالية يُشيران إلى وُجودِ قَلبٍ هائلٍ من الحديدِ في مركزِه. وفوقَ هذا القَلْبِ طبقةٌ من الصخورِ المُنصهرة المَضغوطة، هي الدِّثار، تَطفو فوقَها قِشْرةٌ صخريَّة جامدة.

القِشْرة
الدِّثار
القَلْب

بِنْيَةُ الزُّهَرَة
مَرَّ كوكبُ الزُّهَرَة، كالأرض، في فترةِ انصهارٍ غاصَت خِلالَها الموادُّ الكثيفةُ نحو مركزِه تاركةً قِشْرةً أخفَّ فوقَها. يتألَّفُ مركزُ الزُّهَرَة من قَلْبٍ مُنصهرٍ من الحديد والنيكل يُحيطُ به دِثارٌ صخريٌّ يدعمُ القِشْرةَ الصخريَّة.

عُطارِد
مُعظمُ معلوماتِنا عن سَطْح عُطارد، جمعَتْها العربَةُ الفضائيَّة مارينَر ١٠. لكن «مارينر ١٠» لم تصوِّرْ إلّا جُزْءًا من الكوكبِ فقط لأنَّها كانت تمرُّ دائمًا بالجانبِ نفسِه من الكوكب. لِهذا السَّبَب، فلا يزالُ الكثيرُ من هذا الكوكبِ بانتظارِ الاستكشاف.

الزُّهَرَة
تلُفُّ الزُّهَرَةَ سُحُبٌ كثيفةٌ تُخفي معالِمَ سَطحِه. وتَدورُ الطبقاتُ العُليا من هذه الغُيوم حولَ الكوكب مَرَّةً كُلَّ أربعةِ أيام - وذلك أسرعُ بكثيرٍ من دَورانه مَرَّةً حولَ مِحوره التي تستغرقُ ٢٤٣ يومًا. والذي نُشاهِدُه من هذا الكوكب ما هو إلّا انعِكاسُ نورِ الشَّمْسِ على غُيومه الكثيفة.

فُوَّهاتُ عُطارد
كوكبُ عُطاردَ صغيرٌ، كقَمَرِنا، تُندِّبُ سَطحَه فُوَّهاتٌ تكوَّنت مُباشرةً بَعْدَ نَشأةِ النِّظام الشَّمْسيّ. وسطحُ عطاردَ مُجعَّدٌ بالجُرُف (الصخور الشديدة الانحدار) الناتجةِ عن تقلُّصِ الكوكبِ الفَتيّ أثناءَ فترةِ بُرودِه، كما التفاحةُ الذّاوية.

صُورةٌ سطحيَّة
استَكْشفَ الزُّهَرَةَ أكثرُ من ٢٠ عربةً فضائيَّة، أظهرَتْ أنَّ سَطحَ الكوكبِ صَحراويٌّ حارٌّ، به بِقاعٌ قليلةٌ من الأراضي الخفيضةِ والمرتفعات.

تَكَوُّنُ الفُوَّهات
تكوَّنتِ الفُوَّهاتُ الكثيرةُ على سطحِ عُطارد جَرّاءَ رَطْمِ الصخورِ الساقطة نابِرةً حُفارتَها حولَ حُفَرٍ وتجاويفَ صَحَيْفيَّةِ الشَّكل.

صورةٌ لِسطحِ الزُّهَرَة الْتقطَها السّابرُ الفضائيُّ ماجلّان.

مَنظرٌ طبيعيٌّ لِلزُّهَرَة
مَن يُفكِّرُ بالهُبُوط على سَطْحِ الزُّهَرَة عليه أن يَخترِقَ جَوَّها أوّلًا - وهذا الجوُّ يتألَّفُ من غُيوم كثيفة بيضاءَ مُصْفَرَّةٍ من غاز حامِض الكبريتيك. وتَبلغُ درجةُ الحرارة على سَطْحِ الزُّهَرَة ٤٨٠°س لأنَّ جَوَّهُ الكثيفَ يَحجُزُ حرارةَ الشَّمْس كما الدفيئات. كما يبلغُ الضغطُ الجوّيُّ عليه ١٠٠ مَرَّة أكثرَ من ضَغط جَوِّ الأرض، وهذا يَسْحَقُ أيَّ بَشريٍّ في ثوانٍ.

مَنظرٌ طبيعيٌّ لِعُطارد
الجاذبيَّةُ السَّطحيَّةُ في عُطاردَ أقلُّ من نِصفِ جاذبيَّةِ الأرض - مِمّا أضعفَ إمكانيةَ الكوكبِ على جَذْبِ غازاتٍ حَوله - فَجعلَهُ عادمَ الجوّ، تقريبًا، يَسودُه السُّكونُ لأنَّ الصَّوتَ لا ينتقِلُ في الفَراغ. ويُسَجِّلُ عُطاردُ أقصى فروقٍ في درجةِ الحرارةِ نهارًا وليلًا بينَ الكواكب نظرًا لِانعدامِ جوٍّ يحجُبُ الحرارةَ عَنْه وإليه - إذ تبلغُ درجةُ الحرارة نهارًا ٤٠٠°س وليلًا -٢٠٠°س.

لمزيد من المعلومات انظر

- النِّظامُ الشَّمْسيّ ص ٢٨٣
- الشَّمْس ص ٢٨٤
- الأرض ص ٢٨٧
- القَمَر ص ٢٨٨
- السَّوابِرُ الفَضائيَّة ص ٣٠١
- حقائقُ ومَعلومات ص ٤١٨

الأَرْض

الأَرْض

القِشْرة
الدِّثار
القَلْبُ الخارجيّ
القَلْبُ الدّاخليّ

من الطبيعيِّ أن تكونَ الأَرْضُ هي الكوكبَ الذي ٱستحوَذَ على ٱهتِمام العُلماءِ وٱستِقصاءاتِهم أكثَرَ من سِواهُ في النِّظام الشَّمْسيِّ، وأن يكونَ ما نعرفُه عنه، بالتالي، أشمَلَ وأدَقّ. الأرضُ، كغيرِها من الكواكبِ، فريدةٌ ذاتُ خصائصَ لا توجَدُ في سِواها - ليسَ أقلَّها أنّها الكوكبُ الوحيدُ الصالِحُ لِلحياة في المنظومة الشمسيَّة؛ ويُوازي ذلكَ أهميَّةً تَواجُدُ الماء. هذانِ العاملان حَدَّدا شَكلَ ومَسارَ تطوُّرِ الأرض من كوكب ذي جَوٍّ غنيٍّ بالهِدْروجين إلى العالَم في حالِه الرّاهنة. فالحياةُ التي بدأتْ في بِحار الأرض منذُ ٣٠٠٠ مِليون سنة، والكائناتُ الحيَّة التي تطوَّرتْ منها، أسهمتْ في تكوين جَوّ النِّتروجين والأكسِجين الذي وَفَّرَ بدَورِه الظُّروفَ الملائمة لِاستِمرار الحياة. يَدورُ حَوْلَ الأرض ساتِلٌ طبيعيٌّ هو القَمَر. وهي الكوكبُ الخامسُ من حيثُ الحجم، والثالِثُ من حيث البُعدُ عن الشَّمْس.

بِنْيَةُ الأَرْض

تكوَّنت الأَرْضُ الفَتِيَّةُ مع كواكِبِ النظام الشَّمْسيِّ الأُخرى منذُ ٤٦٠٠ مِليون سنة. وكانت في البَدْءِ باردةً؛ لكنَّ الفاعليَّةَ الإشعاعيَّةَ أحْمتها حتّى الإنصِهار. فغاصَ الحديدُ الثقيلُ نحوَ المركز، وطَفَت الصخورُ الأخفُّ فوقَه. حاليًّا، يُحيطُ بقَلْبِ الأرضِ الحديديِّ دِثارٌ صخريٌّ مائع، تُغلِّفُه قِشرةٌ صخريَّةٌ سطحيَّةٌ لا تتعدّى سَماكَتُها بِضعَةَ كيلومترات.

الأَرْضُ جِرْمٌ لا يَهدأ

سَطحُ الأَرضِ دائمُ التغيُّر، فَقِشرتُها تتألّفُ من صفائحَ (أو ألواح) هائلةٍ مُتحرِّكة. وتَحْدُثُ البراكينُ والهزّاتُ الأرضيَّة عندما تتصادَمُ هذه الصفائحُ أو يَحتكُّ بعضُها ببَعضٍ أو يَنزلِقُ بعضُها تحت بعض. ويُرافِقُ ذلك عادةً اندِفاقُ الصُّهارة الصخريَّة نحوَ السَّطح، وهكذا تُجدِّدُ قِشرةُ الأرض نفسَها باستِمرار.

كوكَبُ الأَرْض

تتألَّقُ الأرضُ ساطعةً في الفَضاء، إذ تعكِسُ حوالى ثُلثِ ضَوءِ الشَّمْس السّاقِط عليها؛ كما يَسْتَطيرُ الضوءُ في جوِّها فيُكسِبُها لونًا تَغلِبُ عليه الزُّرْقة. وتبدو كُلُّ اليابسةِ البُنّيَّةُ بِوضوح، وكذلك المُحيطاتُ التي تُغطّي قُرابةَ ثُلثَي سَطح الأرض - حيثُ يغطّي المحيطُ الهادئ وَحدَه نِصفَ سطحِ الكُرَة الأرضيَّة. كما يُمكِنُ مُشاهَدةُ غُيومٍ كثيرةٍ في الجوّ.

جَوُّ الأَرْض

جَوُّ الأرضِ رقيقٌ بالمقارنة مع جَوِّ جارتِها الزُّهَرة - لكنَّه مُفيدٌ جدًّا. فهو رقيقٌ بحيثُ يَخترِقُه ضَوءُ الشَّمْس، لكنَّه سَميكٌ بما فيه الكِفايةُ ليَحجُبَ إشعاعاتِ الشَّمْسِ الأخرى المُؤذية؛ فمُعظم الأشِعَّةِ فوقَ البنفسجيَّةِ الخطِرة على حياةِ البَشَر تُرَشَّحُ عَبْرَه. كذلك يُبطِّئُ جَوُّ الأرض سُرعةَ الرُّجُمِ الفضائيَّةِ الصخريَّةِ الصغيرةِ المعروفة بالنيازِك ويُبخِّرُها؛ وهو يُوفِّرُ لنا أيضًا الهواءَ الذي نتنفَّسُه.

الظُّروفُ على الأرض مُلائمةٌ تمامًا لأشكال الحياةِ المُختلِفة - بما فيها الإنسان!

مَنظرٌ طبيعيٌّ أرضيّ

منذُ ملايينِ السِّنين تكوَّنَ حَوْلَ الأرض جَوٌّ من ثاني أكسيد الكربون وبُخارِ الماء والنِّتروجين. فكَوَّنَ بُخارُ الماءِ المطرَ، والمطرُ كَوَّنَ البحارَ والمُحيطات؛ وكِلا هَذين المُغلَّفَين مُهِمّان جدًّا اليوم، حيثُ يَتِمُّ تبادُلُ الماء بين الجوِّ والمُحيطات - فيما يَعمَلُ الجَوُّ كطبقةٍ مُدثِّرةٍ تُبقي درجةَ الحرارة مُنتظِمةً تقريبًا.

أَرِسْطارخوس

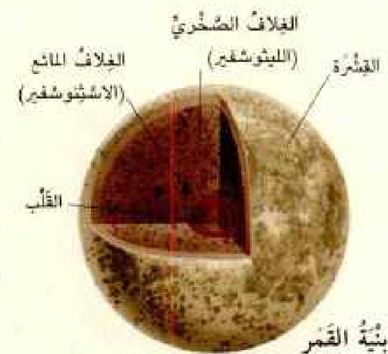
حقيقةُ أنَّ الأرضَ تدورُ حولَ الشَّمْس حازَتِ القَبولَ منذُ أقلَّ من ٤٠٠ سنة. ويُعْزَى الفَضْلُ في ذلك إلى الفلكيِّ البولونيّ، كوبرنيكس، (في القرن السادس عشر)، الّذي دَحَضَ النظريَّةَ القائلةَ أنَّ الأرضَ هي مركزُ الكَوْن. لكنَّ الفلكيَّ اليونانيّ، أرِسْطارخوس (٣١٠-٢٣٠ ق.م.)، كان سبقَهُ إلى الفِكرة ذاتِها قبل ذلك بقرونٍ عديدة. فقدِ ٱحْتَسَبَ أرِسْطارخوس الحجمَ والمسافةَ النِّسبيَّيْن لِلشَّمْس والقَمَر مُستخدِمًا القواعدَ الهندسيَّة، واستَنْتَجَ وُجوبَ أنْ تدورَ الأرضُ حَوْلَ الشَّمْس لأنَّ الشَّمْسَ هي الأكبَرُ بكثير.

لمزيد من المعلومات انظر

تكوُّنُ الأرض ص ٢١٠
الأرض ص ٢١٢
النِّظامُ الشَّمسيّ ص ٢٨٣
حَقائقُ ومَعلومات ص ٤١٨

القَمَر

القَمَرُ جارُ الأَرْضِ الأَقرَبُ في الفَضاء - وهو جِرمٌ كُرويّ صَخريٌّ يُدَوِّمُ حَوْلَ مِحْوره في الوقت نفسِه الذي يدورُ فيه حَوْلَ الأرض، وهو يُرافقها في مَدارِها حَوْلَ الشَّمْس. وقد حَظي القَمَرُ بأفضلِ الدراسات الفلكيَّةِ لِلمَنظومة الشمسيَّة فقَدْ رُسِمَتْ خرائطُ تفصيليَّةٌ لجانبِه المُواجِهِ لِلأرض مُباشرةً بعدَ اختِراع المِقراب (التِلسْكوب). وفي الستينيَّاتِ من القَرْنِ الحالي أرسِلَ عَدَدٌ من السَّوابر الفَضائيَّةِ إلى القَمَر فتحَطَّمَ بعضُها عليه ودارَ بعضُها حولَه. وفي العام ١٩٦٩ هَبَطَ أُناسٌ عليه ومَشَوا على سَطحه وعادوا بنماذجَ من صُخُوره. جميعُ كَواكبِ النِّظام الشَّمْسيّ، ما عدا عُطاردَ والزُّهَرة، لها أقمارُها. ويتبايَنُ حجمُ هذه الأقمارِ كثيرًا - عِلمًا أنَّ قَمَرَ الأرض واحدٌ من أكبرِها - إذ يبلُغُ حَجمُه قُرابةَ رُبعِ حَجم الأرض.



بِنْيَةُ القَمَر

اكتشفَ العُلماءُ أنَّ القَمَرَ يحوي قَلْبًا صَغيرًا من الحديد والكبريت تُحيطُ به طبقةُ الغلافِ المائع من الصخور المُنصهِرةِ جُزئيًّا (الأسثينوسْفير). وفوقَ هذه طبقةُ الغِلافِ الصخريِّ الجامِد (الليثوسْفير)، تُغطِّيها قِشْرةٌ من الصُّخُور الغنيَّة بالألومنيوم والكالسيوم.

الهُبُوطُ على القَمَر

لا تَزالُ رِحلاتُ أبولُّو السَّبْعَ عَشْرة في الستينيّات والسَّبعينيّات من القَرْن العشرين تحتلُّ الأوجَ بين مُحاوَلاتِ استِكشاف الفَضاء. هذه الرِّحلاتُ أنزلَتْ إثني عشَر رائدَ فضاءٍ على سَطح القَمَر وأعادتهُم سالِمين إلى الأرض. وتُستخدَمُ نتائجُ الاختبارات السَّطحيَّةِ على القَمَر والتحليقِ المَداريّ حَوْلَه والعديدُ من الصُّوَر التي التُقِطت له في تكوين تصوُّرنا الحالي لسَطح القَمَر.

رَصْدُ القَمَر

يُشكِّلُ القَمَرُ جِرْمًا جيِّدًا لِلفلكيين المُبتدئين لأنَّ مَعالِمَهُ السطحيَّةَ يُمكِنُ تبيُّنها بالعَيْنِ المُجَرَّدة. فالبُقَعُ المَرئيَّةُ القاتِمةُ هي سُهولٌ مُسَطَّحةٌ تدعى «بحارًا»، أمَّا المناطقُ الأفتحُ لونًا فهي الجِبال. ويُمكِنُ حتّى بالمِنظارِ الثُّنائيِّ العَيْنيَّة تَبيُّنُ بعضِ الفُوَّهات البُركانيَّةِ التي تُغطّي مِساحاتٍ شاسعةً من سَطح القَمَر.

التَّرْشاشُ العَظيم

لا يعلَمُ الفلكيُّون عِلْمَ اليَقين كيفَ تكوَّنَ القَمَر. فقد يكونُ انفصَلَ عن الأرض، أو أنَّ الأرضَ قد أسرَتْه، أو أنه تكوَّنَ من مَوادَّ حَوْلَ الأرض في بَدْءِ نشأتِها. والافتراضُ الرابعُ، هو نَظريَّةُ التَّرْشاشِ العظيم، ومفادُها أنَّ جِسْمًا بحَجْمِ المِرِّيخ ارتطَمَ بالأرض الفَتيَّة، فتكوَّنَ القَمَرُ من أنقاضِ ذلك الارْتِطام.

لم يتغيَّرْ سطحُ القَمَر إلَّا قليلًا منذُ ملايينِ السِّنين - فبانْعِدام الجَوّ تنعدِمُ عواملُ التَّجْوِيَة.

الصُّخُورُ القَمَريَّة

عادَ رُوَّادُ القَمَر بحوالى ٢٠٠٠ عيِّنَةٍ من الصُّخُورِ القَمَريَّة بَلَغَ وَزْنُها ٤٠٠كغ تقريبًا. ومن دِراسة هذه العيِّنات تكوَّنَ لدى العُلَماءِ تصوُّرٌ جديد عن تركيب القَمَر وتاريخه. فبعضُ الصُّخُور مَثَلًا صُهاريَّةٌ نشأتْ من لابَةٍ مُنصهِرة.

لا أحدَ يستطيعُ سَماعَ صُراخِك على سطحِ القَمَر!

أوْجُهُ القَمَر

رُغمَ أنَّ القَمَرَ غيرُ مُنيرٍ بذاتِه، فهو ألمعُ جِرْمٍ في سَماءِ الليل لأنَّه يعكِسُ ضوءَ الشَّمْسِ جيِّدًا. وخلالَ دَورانِه حولَ الأرض تُشاهِدُ أجزاءً مُتفاوِتةَ القَدْرِ من وَجْهِه المُنارِ بالشَّمْس تتراوحُ بين الهِلال والبَدْر. فعندما يكونُ القَمَرُ في المَحاقِ لا يعكِسُ جانبُه المُواجِهُ لِلأرض نورًا من الشَّمْس فلا نَراه. ويُقاسُ الشهرُ القَمَريُّ بالفترة بينَ مَحاقَيْنِ مُتتالِيَيْن. وتبلغُ عدَّةُ أيامِه ٢٩,٥ يومًا.

مَنظرٌ طبيعيٌ لِلقَمَر

إذا قُدِّرَ لكَ أنْ تَحُطَّ على سَطْحِ القَمَر، فستجدُ عالمًا يَسُودُه السُّكونُ التّامّ لانعِدام الجَوّ فيه - فلا يَنْتَقِلُ الصَّوتُ فيه (ولا يُمكِنُكَ التنفُّسُ طبعًا دونَ بِزَّةٍ فضائيَّة!). تُغطّي سَطْحَ القَمَر فُوَّهاتٌ يبلُغُ اتِّساعُ بعضِها مئاتِ الكيلومترات، وكان أكثرُها قد تكوَّنَ منذُ حوالى ٤٠٠٠ مِليون سنة عندما ارتطمَتْ بالقَمَرِ صُخُورٌ من الحِزامِ الكُويكبيّ.

لمزيد من المعلومات انظُر
الأمواجُ والمَدُّ والتيّارات ص ٢٣٥
النِّظامُ الشَّمسيّ ص ٢٨٣
الأرض ص ٢٨٧
الإنسانُ في الفضاء ص ٣٠٢
حقائقُ ومَعلومات ص ٤١٨

المرّيخ



الجِرْمُ الأحمرُ السّاطِعُ في سماءِ الأرض هو في الواقع كوكبُ المِرّيخ، ويعودُ لونُه الأحمَرُ، وهو مَعلَمُه المُميَّزُ الأشهَرُ، إلى الصخورِ والغُبار التي تُغطّي سَطحَه. في صيفِ العام ١٩٧٦ هبطت مَركبتا فضاءٍ من طِراز فايكِنْغ على سَطح المِرّيخ وقامَتا بتحليل تُربَتِه لِتقَصّي أيِّ أثَر لِلحياة فيه وكانت النتائجُ سَلبيَّةً؛ لكنَّ التحاليلَ أظهرتْ أنَّ الكوكبَ غنيٌّ بالحديد - وهذا يُعَلِّلُ شكلَهُ الصَّدِئ. مَظهَرُ المِرّيخ يُوحي بِتوفُّر مُقوِّماتِ الحياة فيه، لكنَّهُ في واقِع الحالِ عالَمٌ باردٌ لا حياةَ فيه. لقد زوَّدتنا المَركباتُ الفضائيَّةُ بمَشاهِدَ للمِرّيخ، عن قُرْب، يظهَرُ فيها ثلاثةُ براكينَ ضخمةٌ ومجموعةٌ من الخوانِق (الأخاديد الوِديانيَّة) تُؤلِّفُ ما يُسمّى الأودِيةَ البَحريَّةَ - وهي أطولُ من الخانِقِ العظيم (الغرانْد كانْيُون) في الولاياتِ المُتَّحدة عَشْرَ مرّاتٍ، وأربعَ مرّاتٍ أعمَقُ مِنه.

بِنيَةُ المِرّيخ

مرَّ المِرّيخُ الفَتيُّ بِفَترةٍ قَصيرة فقط من الانصِهار الكامِلِ؛ لِذا لَم يتسَنَّ لِبعضِ موادِّه الأثقلِ الغوصُ إلى مركزِه - مِمّا جَعَلَ قَلبَه أصغرَ من قُلوبِ الكواكبِ الصَّخريَّةِ الأُخرى.

رَسْمٌ للمِرّيخ من وضْعِ بِرْسِفال لُويل.

رَصدَ لُويل المِرّيخَ وفسَّرَ سِماتِه السطحيَّةَ كأقنِيةٍ لِجرِّ المياه شادتْها حضارةٌ مِرّيخيَّةٌ مُتقدِّمة.

بِرْسِفال لُويل

بِرْسِفال لُويل (١٨٥٥-١٩١٦)، فلكيٌّ هاوٍ ثَريٌّ، شُغِفَ بالمِرّيخ. وقد تراءى له خلالَ رَصْدِه المِرّيخَ من مَرصَدِه في أريزونا، بالولاياتِ المُتَّحدة، أنَّ الكوكبَ مأهولٌ وأنَّ أخاديدَه هي أقنيةٌ لِجرِّ المياه، من القَلانِس القُطبيَّة، إلى الأراضي الزراعيَّةِ الجافَّة. وقد تبيَّنَ لاحِقًا أنَّ ما تراءى له كان مُجرَّدَ خِداعٍ بَصريّ.

اللونُ الأحمرُ الغامِقُ للكوكب كان الداعي لِتسميته بِاسم إله الحَرْب الأسطوريّ مارْس (المِرّيخ).

كوكبٌ وَعْر

تُغطّي سطحَ المِرّيخ مَعالِمُ مُثيرةٌ كالصحارى والجبالِ العالية والفُوَّهاتِ البركانيَّة العميقة والبراكينِ الضخمة. ولِلمِرّيخ قَلَنْسوتانِ قُطبيَّتان جَليديَّتان تتغيَّران بتغيُّر فُصولِه - فيذوبُ ثاني أُكسيد الكربون الجليديُّ عنهما صَيفًا، كاشِفًا سَطحًا من الصخور الطَّباقيَّة، ويتكوَّنُ ثانيةً في الشتاء.

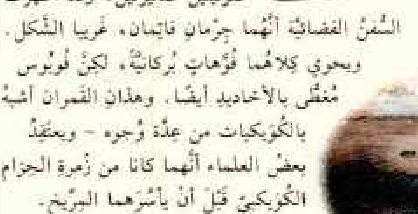
فُوبُوس

يَدورُ حَوْلَ المِرّيخ قَمرانِ صغيران هما دِيمُوس وفُوبُوس. ويَبدوان من الأرض، حتى بِأقوى ما لَدينا من تِلِسكوبات، كَبُقعتَين ضَوئيَّتَين صغيرتَين. وقد أظهرت السُّفُنُ الفضائيَّةُ أنَّهما جِرْمانِ قاتِمان، غريبا الشَّكل. ويحوي كِلاهُما فُوَّهاتٍ بُركانيَّةً، لكنَّ فُوبُوس مُغطّى بالأخاديدِ أيضًا. وهذانِ القمران أشبَهُ بالكُوَيكبات من عِدَّةِ وُجوه - ويعتقِدُ بعضُ العلماء أنَّهما كانا من زُمرةِ الحِزام الكُوَيكبيِّ قَبْلَ أنْ يأسِرَهما المِرّيخ.

فُوبُوس، الاسمُ الأسطوريّ لِخادِم الإله مارْس (المِرّيخ).

مَنظرٌ طبيعيّ من المِرّيخ

لَو قُدِّرَ لكَ الانتِقالُ إلى المِرّيخ، فستجِدُه مكانًا باردًا جدًّا ومُوحِشًا لِلغاية. جاذِبيَّةُ المِرّيخ هي حوالى نِصفِ جاذِبيَّةِ الأرض لِذا لم يستطِع الكوكبُ شَدَّ أكثرَ من جَوٍّ رقيقٍ إليه. ورُغم ذلك فإنَّ سُرعاتِ الرِّياح فيه أحيانًا تتجاوزُ ١٠٠كم/سا، ناشِرةً عواصفَ من الغُبار قد تستغرِقُ عِدَّةَ أشهُرٍ لِتستقِرّ.



جَبَل أولَمْبُس

جَبَلُ أولَمْبُس البُركانيُّ العملاق، ليسَ أكبرَ جبلٍ على المِرّيخ فقط، بل هو أضخمُ الجبالِ في النِّظام الشَّمسيّ كُلِّه - إذ يبلُغُ قُطرُ قاعدتِه ٧٠٠كم، وارتفاعُه ٢٧كم، أي قُرابةَ ثلاثةِ أضعافِ عُلُوِّ جبلِ إفرِسْت على الأرض.



سَطحٌ مِرّيخيٌّ وَعْر

سَطحُ المِرّيخ جافٌّ وصَخريٌّ، تُغطّيه طبَقةٌ من الغُبار المُحمَرّ تتألَّفُ كيماويًّا من أُكسيدِ الحديد المُميَّأ - وهي المادَّةُ نفسُها التي تُكسِبُ صَحارى الأرض لونَها المُشْرَبَ بالحُمرة. حتى سَماءُ المِرّيخ تبدو حَمراءَ وَرديَّةً بتأثيرِ دقائقِ الغُبار المُعلَّقة والطافية في جَوِّه.

لمزيد من المعلومات انْظُر

الرُّوبُوطات ص ١٧٦
البراكين ص ٢١٦
النِّظامُ الشَّمسيّ ص ٢٨٣
الأرض ص ٢٨٧
القَمر ص ٢٨٨
الكُوَيكبات ص ٢٩٤
حقائقُ ومَعلومات ص ٤١٨

المُشْتَري

المُشتري

عِملاقُ الكواكبِ في النِّظام الشَّمسيّ هو المُشتَري - إذ تزيدُ كُتلتُه على ثلاثة أضعافِ كُتَلِ الكواكبِ الثمانيةِ الأُخرى مُجتَمِعَةً. ويتألَّف في مُعظمِه من غازاتٍ وسَوائلَ، أمَّا القَلْبُ فصخريٌّ وصغيرٌ نوعًا. وحيثُ إنَّ الغيومَ الكثيفةَ في أعالي جَوِّ المُشتري تعكِسُ ضوءَ الشَّمْس جيِّدًا فهو يُرى ناصِعَ السُّطوع في سَماءِ الأرض لَيلًا.

إنَّ الكثيرَ من مَعرفتِنا حاليًّا عن المُشتَري تمَّ بواسطةِ بَعَثات السَّوابرِ الفَضائيَّة، التي عبَرَ أربعةٌ منها على مَقرُبةٍ منه في سبعينيّات القَرن العشرين؛ كما يدورُ حوله منذ أواسِط العام ١٩٩٧ السّابرُ الفَضائيُّ غاليليو. وسيُحقِّقُ غاليليو رصدًا طويلَ الأمدِ للكوكب، وأقمارِه، ومَجالِه المِغْنَطيسيِّ القويِّ الذي تَفوقُ شِدَّتُه شِدَّةَ المجالِ الأرضيِّ ٤٠٠٠ مَرَّة.

الجوّ

هِدْروجين سائل

هِدْروجين فِلزِّيّ، يسلُكُ الهِدْروجين كالفِلزّات تحت ضُغوطٍ عالية جدًّا.

القَلْب

بِنْيَةُ المُشتَري

يُحيطُ بِقَلْبِ المُشتَري الصخريِّ الصغيرِ خِضَمٌّ من الهِدْروجين سائلًا وفِلزِّيًّا. ويَلُفُّ هذا كُلَّه جَوٌّ هائلُ الحجم من الهِدْروجين والهِلْيوم ثماني مَرّاتٍ أكثفُ من جَوِّ الأرض. وتهبِطُ درجةُ الحرارة نحوَ طبقاتِ الغيوم العُليا إلى - ١٤٠°س، بينما تبلغُ في القَلْب ٣٥٠٠٠°س.

السّابرُ غاليليو

من المُقرَّر أن يكونَ السّابرُ الفضائيّ غاليليو قد بدأ دراسةً تَفْصيليّةً لِلمُشتَري وأقمارِه، في كانون الأول (ديسمبر) عام ١٩٩٥، تستغرقُ ٢٢ شهرًا. وستدورُ السَّفينةُ الفضائيَّةُ الرئيسيَّةُ حَوْلَ المُشتَري عشرَ مَرّات، فيما يقومُ سابرٌ أصغرُ بِفَحْصِ جَوِّه.

تتألَّفُ الطبقاتُ العُليا لِجَوِّ المُشتَري من سُحُبِ الهِدْروجين والهِلْيوم وبِلَّوراتِ الامونيا المُتجمِّدة.

جَوُّ المُشتَري

لو قُدِّرَ لِرائدِ فضاءٍ أن يَهبِطَ على المُشتَري، فسيكونُ ذلك في الواقع «غوصًا» في جَوٍّ كثيف، عمقُه ١٢٨٠كم، مؤلَّفٍ من الميثان والأمونيا إضافةً إلى الهِدْروجين والهِلْيوم. وسيُزوِّدُنا السّابرُ الجَوِّيُّ غاليليو، بأوَّلِ بَيِّناتٍ مُباشِرة عن خصائصِ هذا الجَوّ.

أقمارُ المُشتَري

تدورُ حَوْلَ المُشتَري مجموعةُ أقمارٍ يُعرفُ منها حاليًّا سِتَّةَ عَشَرَ وقد يُكتشفُ المزيدُ منها لاحقًا - ومُعظَمُها أجرامٌ صغيرة متجمِّدة لا يزيدُ قُطْرُ الواحدِ منها على ١٠٠كم. وقد جَرَت دراسةُ الأقمار الغاليليَّة الأربعة، التي هي الأكبرُ بكثيرٍ بينَ أقمارِ المُشتَري، عن قُربٍ بواسطةِ السّابرَيْن الفَضائيَّيْن فُوياجير «١» وفُوياجير «٢».

العَواصِف

يَستغرقُ المُشتَري أقَلَّ من عَشْرِ ساعات لِيُتِمَّ دورةً كاملة حَوْلَ مِحْوَره، مُثيرًا بتدويمِه السريع هذا رياحًا عاتية. وخِلالَ دَورانِ غازاتِ الجَوِّ حَوْلَ الكوكب تُحدِثُ أحزِمةً ونُطُقًا مُلوَّنةً في أعالي الغيوم، وتتولَّدُ عواصفُ هائلة. ونذكرُ أنَّ البُقعةَ الضخمةَ الحمراءَ، التي يفوقُ حجمُها ضِعفَي حَجمِ الأرض، هي الإعصارُ الأعظمُ في النِّظامِ الشَّمسيّ.

آيُو

القمرُ آيُو أكبرُ من قَمرِنا بقليل؛ وهو أحدُ أشدِّ الأجرام التي تؤلِّفُ المنظومةَ الشمسيَّة استدعاءً للاهتمام. فهو، بتأثيرِ قُوَّةِ المُشتري المَدِّيَّة (المدِّيَّة الجَزريَّة) التي تعملُ على إحماءِ قلبِه، ذو نشاطٍ بُركانيّ. وهو أحدُ جِرمَين فقط، إلى جانِبِ الأرض، مَعروفَين بتواجُدِ بَراكينَ ناشِطةٍ فيهما.

غاليليُو غاليلي

الفَلَكيُّ والفيزيائيُّ الإيطاليُّ، غاليليو (١٥٦٤-١٦٤٢)، اكتشفَ أربعةً من أقمارِ المُشتَري عام ١٦١٠ هي: آيُو، أُوروبا، جانيميد وكاليستو تُعرَفُ بالأقمار الغاليليّة. وقد سخَّر غاليليو اكتِشافَهُ لإقناعِ الناسِ بأنَّ الأرضَ ليست مركزَ الكَوْن، وأنَّها والكواكبَ الأُخرى تدورُ حَوْلَ الشَّمس.

لمزيد من المعلومات انظر

الجَوّ ص ٢٤٨
النِّظامُ الشَّمسيّ ص ٢٨٣
القَمر ص ٢٨٨
السَّوابرُ الفضائيَّة ص ٣٠١
حقائقُ ومَعلومات ص ٤١٨

زُحَل

كَوكبُ زُحَلَ الذي يَبدو، من الأرضِ، مُجرَّدَ جِرْمٍ لامِعٍ تَبيَّنَ أخيرًا أنَّهُ جَوهرةُ النِّظامِ الشَّمْسيّ. فَزُحَلُ عِملاقٌ غازيٌّ يَشتهِرُ بمنظومتِه المُدهِشة من الحَلَقات الملوَّنة، وهو الكَوكبُ السادسُ من حيثُ البُعد عن الشَّمس - إذ يبلغُ بُعدُه ضِعْفَي بُعدِ جارِه المُشتَري تقريبًا. منذُ العام ١٦١٠، أخذَ الفلكيُّون يرصُدُونَ زُحلَ بتلِسْكوباتهم، لكنَّهم لم يُجمعوا على تفسيرٍ شافٍ لما كانوا يُشاهِدون. ولم يُكتشفْ مَدَى وتعقيدُ المَنظومةِ الزُّحَليَّة إلا بواسطة السَّابِرَيْنِ الفضائيَّيْن ڤوياجير أوائلَ الثمانينيَّات من القَرْنِ العشرين.



أرْصادٌ أوَّليَّة

حينَ رَصَدَ غاليليو زُحلَ عام ١٦١٠ شاهدَ ثلاثةَ أجرام. فهل حقًّا كانَ زُحلُ كوكبًا ثُلاثيًّا؟ بعْدَ بضعِ سنواتٍ دَهِشَ الفلكيُّون لارتحال الجِرمَين الكُرويَّين الصَّغيرَين وتغيُّرِ شكْلَيهما. وفي العام ١٦٥٩، بيَّنَ كريستيان هيجنز، الفلكيُّ الدانمركيّ، مُحقًّا، أنَّ ما كانَ يشاهِدُه أسلافُه هو حَلَقاتُ زُحلَ التي يتغيَّرُ مَظهرُها خِلالَ دورانِ الكَوكب حَولَ الشَّمس.

بِنْيَةُ زُحَل

هِدْروجين · هِدْروجين سائل · فلزّيّ · الجوّ · القَلب

يتألَّفُ زُحلُ من ثلاثِ طَبقاتٍ مُتميِّزة - بدءًا من قَلبٍ مَركزيٍّ جَليديٍّ صَخريٍّ تُحيطُ به طبقةٌ من الهِدروجين الفلزّيّ. أمَّا الطبقةُ الخارجيَّة فتتألَّفُ من الهِدْروجين والهِليوم - سائلَين نَحو المركزِ وغازيَّين بعيدًا عنه.

الحَلَقات

كواكبُ المُشتري وزُحَلَ وأورانُوس ونِبتون ذاتُ حَلَقات؛ لكنَّ حَلَقاتِ زُحلَ هي الأبْهى روعةً بكثير. لقد استنتجَ الفلكيُّون، من الأرض، أنَّ تلك الحَلَقاتِ غيرُ جامدةٍ لأنَّه يمكنُهم مُشاهدةُ النُّجوم عَبرَها. أمَّا السُّفُنُ الفضائيَّةُ فكشفتْ أنَّ حَلَقاتِ زُحلَ تتألَّفُ من قِطعٍ صخريَّةٍ جليديَّةٍ لا تُحصى - بعضُها صغيرٌ كالغُبار، وبعضُها الآخر كبيرٌ كالجلاميدِ الضخمة. ويَرى الفلكيُّونَ أنَّ حلقاتِ زُحلَ طارئةٌ عليه لا أصيلةٌ فيه، وأنَّها تكوَّنتْ بارتِطامِ أقمارٍ في مَداراتها حولَه.

خَطُّ استواءٍ مُنْبَعِج

يُدَوِّمُ زُحلُ بسُرعةٍ فائقةٍ حَولَ مِحْوره فيبلغُ يومُه ١٠ ساعات وَ ٣٠ دقيقة فقط. وهذا بالإضافةِ إلى كثافةِ الكوكبِ الخفيضة، يُسبِّبُ انبعاجَ خطِّ استواءِ زُحَل. والواقعُ، أنَّ هذا الإنتفاخَ هو الأبرزُ في النِّظامِ الشَّمسيّ.

النُّطقُ الغَيميَّة

الغيومُ المُلوَّنةُ، على سَطحِ جَوِّ زُحَل، المُؤلَّفةُ من الأمونيا وكيماويَّاتٍ أخرى تُكوِّنُ نُطُقًا حِزاميَّةً حَولَ الكوكب. أحيانًا يُمكِنُ مُشاهدةُ بُقَعٍ إهليلجيَّةٍ في هذه النُّطُق - هي بالفِعْلِ عَواصفُ هَوجاء. ففي يوم عاصِفٍ في زُحَل قد تبلغُ سُرعةُ الرِّياح ١٨٠٠كم/سا في أجوائه العُليا.

قد يَطفُو زُحلُ فِعْلًا كجبل الجليد - فيغوصُ منه $\frac{٧}{١٠}$ في الماء.

تيتان

أقمارُ زُحَل

زُحَلُ هو صاحبُ أكبرِ عددٍ من الأقمار. فقد اكتُشفَ له، من الأرض، أحدَ عشرَ قمرًا، وسبعةُ أقمارٍ أخرى من سُفُنِ الفضاء - وربَّما كان هُناكَ المزيد. وكان أوَّلَ هذه الأقمارِ وأكبرَها تيتان، المكتشفُ عام ١٦٥٥. وهو فريدٌ بين الأقمار بجَوِّه الكثيفِ الذي يُغطِّي سَطحَه. ويُلاحظُ أنَّ عشرةً من أقمارِ زُحلَ الصغيرةِ هي أجرامٌ بَطاطِيَّةُ الشَّكلِ غيرُ مُنتظِمة.

الكوكبُ الطَّفويّ

رُغمَ أنَّ كُتلةَ زُحَل تفوقُ كتلةَ الأرض بـ ٩٥ مرَّة، فإنَّ مُعدَّلَ كثافتِه خفيضٌ جدًّا بحيثُ إنَّه الكوكبُ الوحيدُ الأخفُّ من الحجم نفْسِه من الماء. وهذا يعني أنَّ زُحلَ يَطفُو في الماء، لأنَّ وَزْنَه النوعيَّ أقلّ.

لمزيدٍ من المعلوماتِ انْظُر

الطَّفْو والغَوْص ص ١٢٩
النِّظامُ الشَّمسيّ ص ٢٨٣
القَمَر ص ٢٨٨
السَّوابِرُ الفَضائيَّة ص ٣٠١
حقائقُ ومعلومات ص ٤١٨

أورانُوس

شُدِهَ الفلكيُّونَ عندَ اكتِشافِ أُورانُوس عامَ ١٧٨١ - أوَّلِ كوكبٍ يُكتشَفُ في العَصرِ الحديث. فقد كانوا يعتقدون أنَّ زُحَلَ هو نهايةُ النظامِ الشَّمْسيّ؛ فجاءَ اكتِشافُ أورانوس يُضاعِفُ حجمَ هذا النظامِ دُفعةً واحدة - إذ إنَّ بُعدَ أورانوس عنَ الشَّمْسِ ضِعفا بُعْدِ زُحَلَ عنها. وظلَّتْ معلوماتُنا شَحيحةً عن أورانوس بسبَبِ بُعْدِه، حتى عبَرَ على مَقرُبةٍ منه السابرُ الفضائي فوياجير «٢»، فوجدَهُ عِملاقًا غازيًّا باردًا ذا منظومةٍ قمريَّةٍ تضمُّ ١٥ قمرًا ويلُفُّه ما لا يقلُّ عن ١١ حَلقةً سوداءَ رقيقةَ القوام.

بِنْيَةُ أورانوس

يُولِّفُ قلبُ أورانوس الصخريُّ حوالى رُبعِ كُتلته وتلُفُّ القلبَ طبقةٌ من الماءِ والأمونيا والميثان في حالَتي التجمُّد والسُّيُولة. أمّا الطبقةُ الخارجيَّة فتتألَّفُ من غازَي الهِدْروجين والهِلْيوم.

الجَوّ — ماء وامونيا وميثان — القَلْب

الكَوكبُ الأزرق

حتّى بأفضلِ التِلِسْكوبات الأرضيَّة، لا يبدو أورانوس أكثَرَ من كُرةٍ غازيَّةٍ ضبابيَّةٍ زرقاء، لأنَّ الميثانَ في جوِّه يعكِسُ لونَي ضوءِ الشَّمْسِ الأزرقِ والأخضر. وقد بَدا الكوكبُ عَبْرَ كاميرات فوياجير «٢» أيضًا كُرةً عديمةَ المَعالِم. لكنَّ المعالجةَ الحاسوبيَّةَ لِلصُّوَرِ أظهرتْ أحيانًا سُحُبًا بيضاءَ من بلّورات الميثانِ المُتجمِّد تحملُها الرِّياحُ حولَ الكوكب.

سَطحُ أورانُوس

لا ترتفعُ درجةُ الحرارةِ على سطحِ أورانوس فوقَ - ٢٠٩°س؛ مع أنَّ جوَّه ينقُلُ ما يتوفَّرُ من الحرارةِ حوالَيه، لأنَّ ما يستقبِلُه الكوكبُ من ضوءِ الشَّمْسِ أقلُّ بحوالى ٣٧٠ مرَّةً مِمّا تستقبِلُه الأرض. وإذا قُدِّرَ لرائدٍ أنْ يزورَ أورانوس، فسيَجِدهُ باردًا جدًّا، وهو قد يغوصُ في جَوِّ الكوكب الخانقِ المُؤلَّفِ من الهِدْروجين والهِلْيوم والميثان.

أقمارُ أورانُوس

خمسةٌ من أقمارِ أورانوس الخمسةَ عشَرَ اكتُشِفتْ من الأرض. أمّا العشَرةُ الأصغرُ، فقد كشفَتها كاميراتُ فوياجير «٢» عام ١٩٨٦. أبعَدُ أقمارِ أورانوس يُدعى أوبِرُون - وهو يدورُ على بُعْدِ ٦٠٠ ٥٨٢كم من الكوكب.

أقمارُ أورانوس وحَلقاتُه تدورُ حَوْل وَسَط الكوكب.

صفحةٌ من مُفكِّرة هِرشِل

اكتِشافاتٌ عِلميَّة

١٧٨١ اكتشافُ أورانُوس
لم يكُنْ الفلكيُّ الالمانيُّ، وليم هِرشِل، يبحثُ عن كَواكب؛ لكن أثناءَ مراقبةٍ روتينيَّةٍ في ١٣ آذار (مارس) عامَ ١٧٨١ اكتشفَ أورانوس. هذا الاكتِشافُ جعلَ الفلكيِّين يعتقدون بوجودِ كواكبَ أخرى غيرِ مُكتشفة.

١٨٤٦ اكتشافُ نِبتون
احتُسِبَ موقعُ نِبْتون لِعدَمِ انتِظامٍ في حركةِ أورانوس، فجَرى البحثُ عنه حيثُ تُوقِّعَ وجودُه، وقد نجحَ بتحقيقِ ذلك جوهان جالي من ألمانيا في ٢٣ أيلول (سبتمبر) عام ١٨٤٦.

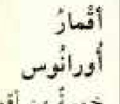
١٩٣٠ اكتشافُ بلُوتو
الأمريكيُّ كلايْد تومبوغ اكتشفَ بلُوتو عندما كانَ يُقارِنُ صفائحَ فوتوغرافيَّةً في كانون الثاني (يناير) عام ١٩٣٠.

تيتِانيا

أقمارُ أورانُوس أجرامٌ قاتمةٌ من الصخورِ والجَليد. وتيتانيا، الذي تغطّي سطحَه أوديةٌ عميقةٌ وفُوَّهاتٌ بُركانيَّة، هو أكبَرُها.

يبدو ميراندا، أحدُ أقمارِ أورانوس، كمَزيجٍ عشوائيٍّ من الفُوَّهاتِ العميقةِ والجُرُفِ الشاهقةِ والسُّهولِ المنبسطة. وهي في مُعظمِها بِنًى قديمة؛ لكنَّ، من المُدهِش أنَّ بعضَها أحدثُ عهدًا بكثير.

كوكبٌ مُجَنَّب



يبدو أورانوس قائمًا على جانبِه. ويُعتَقَد أنَّ ميلَه هذا حدثَ خِلالَ تجمُّعِ بِضعِ القِطَعِ الضخمةِ التي كوَّنَتْهُ.

لمزيدٍ من المَعلومات انظُر

النِّظامُ الشَّمْسيّ ص ٢٨٣
زُحَل ص ٢٩١
نِبتون وبِلوتو ص ٢٩٣
السَّوابِرُ الفَضائيَّة ص ٣٠١
حقائقُ ومَعلومات ص ٤١٨

نِپتُون وپلُوتو

پلوتو
نبتون

الكوكبانِ الأبعدُ عالَمانِ مُتَبايِنانِ جِدًّا - فنِپتون هو أبعدُ عِملاقٍ غازيٍّ؛ فيما پلُوتو، أصغرُ الكَواكب، هو عالَمٌ مُتجمِّد. وقد ظَلَّا مَجهولَيْن حتى عهدٍ قريب نِسبيًّا. وقد تُنُبِّئَ رياضيًّا بِوُجودِهما، ثُمَّ اكْتُشِفا خلالَ الـ ١٥٠ سنة الأخيرة. وتتطلَّبُ مُشاهدةُ الكوكبَيْن تِلِسكوبِاتٍ عاليةَ القُدرة بسبَبِ بُعْدِهما القاصي جِدًّا. وقد زَوَّدَنا السابِرُ الفضائي ڤوياجير «٢» بمعلوماتٍ مُفصَّلةٍ عن نِپتون حين مَرَّ على مَقرُبَةٍ منه عامَ ١٩٨٩، فكشفَتْ صُوَرُه مَنظومةً من الحلَقاتِ الباهِتةِ الرقيقةِ القَوام. أمَّا پلُوتو فهو الكوكبُ الوَحيد الذي لمَّا تَسْتكشِفْه سوابِرُ فضائيَّة حتَّى الآن.



بِنْيَةُ نِپتون
نِپتون ذو قَلْبٍ صخريٍّ صَغيرٍ يُحيطُ به خِضَمٌّ من الماءِ والأمونيا والميثان. ويتألَّفُ جَوُّه من الهِدْروجين والهِليوم والميثان؛ والميثان يُكسِبُ الكوكبَ لونَه الشديدَ الزُّرْقة.

ماءٌ - جَليد
ماءٌ وجَليدٌ ميثانيّ
القَلْب

بِنْيَةُ پلُوتو
يختلِفُ تركيبُ پلُوتو اختلافًا كبيرًا عن تركيبِ الكواكبِ الخارجيَّةِ الأُخرى. فكثافَتُه تُوحي بأنَّ له قَلْبًا صخريًّا. وسَطحُ الكوكبِ طَبَقةٌ من صقيعِ الميثان قد تكونُ غِطاءً لِطبقةٍ مائيَّةٍ جَليديَّةٍ دُونَها.

پلُوتو
پلُوتو، أصغرُ كواكبِ النظام الشَّمْسيّ، لم تبلُغه سَوابِرُ الاستكشافِ بعد. والمعروفُ أنَّ له قمرًا وحيدًا يُسمَّى شارون يبلغُ حجمُه حوالى نصف حجم الكوكب. وهو قريبٌ منه نوعًا. وهذا يجعلُ مِنَ العسير فَصْلَ الجِرْمَيْن بعضِهما عن بعضٍ عندما يُرصَدانِ من الأرض.

نِپتون
تُبيِّنُ صُوَرُ ڤوياجير أن نِپتون كوكبٌ أزرقُ تُرَقِّشُه سُحُبٌ بيضاءُ من بِلَّورات الميثان الجَليدي. أمَّا البُقعةُ السوداءُ العظيمة في نِصْفِ الكُرَةِ الجنوبي من الكوكبِ فهي في الواقع عاصفةٌ ضخمةٌ تدورُ حَولَه.

سَطحُ پلُوتو
إذا قُدِّرَ لِرائدِ سَيْرٍ الحظُّ الهُبوطُ على پلُوتو، فسيَجدُه عالَمًا مُتجمِّدًا مُوحِشًا حالِكَ الظُّلْمة. يبعُدُ پلوتو عن الشَّمس قُرابةَ أربعينَ مَرَّةً ضِعفَ بُعدِ الأرض عنها، لِذا قد تبدو الشَّمسُ منه مُجرَّدَ نَجمٍ شَديدِ السُّطوعِ فقط.

سَطحُ نِپتون
الهابِطُ على نِپتون تُجابِهُه عواصِفُ ما خَبَرَ مِثلَها قَبلًا. فلقد سَجَّلتِ السفينةُ الفضائيَّةُ ڤوياجير سُرعةَ رياحٍ على نِپتون تفوقُ التصوّر - بلَغت ٢١٦٠كم/سا.

تريد، أحدُ أقمار نِپتون

اكتُشِفَ من الأرض اثنان من أقمار نِپتون هما ترايتون ونِريد. أمَّا السِّتَّةُ الأخرى فاكتشفَها ڤوياجير «٢».

مَدارُ پلُوتو

الكثيرُ من خصائصِ پلُوتو، كمَدارِه مثلًا، يجعلُ بعضَ الفلكيين يُشكِّكون في كَونِه من الكواكب.

المَدارات
يدورُ پلُوتو بشكلٍ غريب - فمَدارُه أكثرُ مَيْلًا وأكثرُ استِطالةً من مَدارِ أيِّ كوكبٍ آخر. في الواقع، يكُونُ پلوتو، في جُزءٍ من مَدارِه، أقربَ إلى الشَّمسِ من نِپتون، بحيثُ يكونُ نِپتون أبعدَ كوكبٍ في النِّظام الشَّمسيّ خلالَ تلك الفترة.

الكَوكبُ العاشِر
يَظُنُّ بعضُ الفلكيين أنّه قد يكونُ هناكَ كوكبٌ عاشِرٌ في النظام الشَّمسيّ. ويعودُ هذا إلى كونِ جاذبيَّةِ پلوتو وحدَها لا تُعلِّلُ نَمطَ مَدارَي أورانُوس ونِپتون - مِمَّا يَفترِضُ وُجودَ جِرْمٍ أعظمَ كُتلةً يَشدُّهُما حول المَسارَيْن اللذَيْن يتَّخذانِهما.

يعتقدُ العُلماء أنَّ كُتلةَ النِّظام الشَّمسيِّ المُحتسَبةَ أكبَرُ من الكُتلة البيِّنة فلكيًّا اليوم.

أقمارُ نِپتون
نِصفا كُرةِ ترايتون، أحدِ أقمار نِپتون الثمانية، مُختلفانِ جدًّا. فقُطبُه الجنوبيُّ يحوي بَراكينَ ناشِطةً وقَلَنْسُوةً قُرنفُليَّةً من النِّتروجين والجليد الميثاني، بينما قُطبُه الشماليُّ مُزرَقٌّ كثيرُ الأوديةِ الضَّحْلة.



لمزيد من المعلومات انظر
النِّظامُ الشَّمسيّ ص ٢٨٣
أورانُوس ص ٢٩٢
السَّوابِرُ الفَضائيّة ص ٣٠١
حَقائقُ ومَعلومات ص ٤١٨

الكُوَيكِبات

لو جُمِعتْ كُلُّ الكُوَيكِبات معًا لما كانت تُشكِّلُ إلّا جُزْءًا صغيرًا فقط من كُتلةِ الأرض.

هَل تعلَمُ أنَّ هنالك ملايينُ الأجرامِ السيَّارة فِعْلًا في مَداراتِها حَوْلَ الشَّمْس؟ فإلى جانب الكواكبِ التّسعة «الحقيقيَّة»، هنالك بضعةُ ملايينَ من الكُوَيكِبات - التي هي قِطعٌ صخريَّةٌ تتراوَحُ أحجامُها مِن نُتَفٍ دَقيقةٍ من الغُبار إلى قِطعٍ يبلغُ قُطرُ بعضِها بضعَ مئاتٍ من الكيلومترات. ويَدورُ معظمُ هذه الكُوَيكبات في نِطاقٍ مَداريٍّ بين مَدارَي المِرِّيخ والمُشْتَري، وتسلُكُ كُوَيكباتٌ أُخرى مَداراتٍ مُختلِفةً. فمنذُ القرن الثامنَ عشر بدأت الأدِلّةُ تتوافَرُ لَدى الفلكيين على وُجودِ عالَمٍ ضائعٍ بين المِرّيخ والمُشْتَري. فبدأتْ حملةُ التفتيشِ باكتشاف الكُوَيكبِ الأوّلِ والأكبر، سِيريس، صِدفةً عام ١٨٠١. وقد تمَّ حتّى اليوم فَهْرسَةُ وتحديدُ مَواقِع أكثرَ من ٥٠٠٠ كُوَيكِب.

النّطاقُ (أو الحِزام) الكُوَيكبيّ

لقد تكوَّنت الكواكبُ الرئيسيَّةُ من نِطاقِ المواد المحيطةِ بالشَّمْس الفَتيّة، لكِنَّ الموادَّ في مِنطقةِ الحِزام الكويكبي لم تكوِّنْ كوكبًا لأنَّ الجاذبيَّةَ الهائلة لِكوكبِ المُشْتَري المُجاوِر منعَتها من التّكتُّلِ معًا.

مَداراتُ الكُوَيكبات

مُعظَمُ الكُوَيكبات يَدورُ حَوْلَ الشَّمْس في النِّطاق الكُوَيكبي، فيما تدورُ مَجموعاتٌ أصغرُ أُخَرُ في مداراتٍ مُختلِفة. فالمَجْموعةُ الطُّرواديَّة تتحرَّكُ على مَسارِ المُشْتَري نفسِه: بعضُها أمامَه وبعضُها الآخرُ خَلْفَه. أمّا زُمْرةُ الكويكباتِ الأپولُونيّةِ فمَداراتُها تتقاطعُ مع مَسارِ الأرض. ويدورُ كويكبٌ ناءٍ جدًّا يُدعى شيرون بين مَدارَي زُحَلَ وأورانوس؛ وهو، على ذلك البُعدِ من الشَّمْس، يتألَّفُ من الجَليد لا الصَّخر.

قُطْرُ أصغرِ كويكبٍ شُوهِدَ من الارض حتى الآن يُقارِبُ ١٥٠م. لكِنَّ السَّوابرَ الفضائيَّةَ التي عبَرت النطاق الكُوَيكبي اكتشفَتْ كُوَيكباتٍ لا يزيدُ قُطرُها على بضعةِ مليمترات.

تَسْمِيةُ الكُوَيكبات

تُرقَّمُ الكُوَيكباتُ الجديدةُ أوّلًا، وتُسمّى لاحِقًا حسبَ اقتراحاتِ مُكتشفيها.

١٨٠١ اكتُشِفَ الكُوَيكبُ الأوّلُ فأُعطِيَ الرقم ١ وسُمِّيَ سِيريس.

١٨٩١ أوّلُ كُوَيكبٍ اكتُشِفَ بالتصوير رقمُه ٣٢٣ وسُمِّيَ بْرُوسيا.

١٩٧٧ اكتُشِفَ الكُوَيكبُ رقم ٢٠٦٠ وسُمِّيَ شيرون. مدارُه أبعدُ مدارٍ معروفٍ لِكُوَيكب.

١٩٨٣ أوّلُ كويكبٍ اكتُشِفَ بواسطة سفينةٍ فضائيّة رقمُه ٣٢٠٠، وسُمِّيَ فيتون.

الصُّورةُ الكويكبيّةُ الأُولى

حتّى العام ١٩٩١، ظلَّتْ دراسةُ الكُوَيكبات تعتمدُ أساسًا على التلسْكوبات (المَقاريب) الأرضيّة. ثُمّ في تشرين الأوّل (أكتوبر) من تلك السّنة، رَصدَ السّابرُ الفضائيُّ، غاليليو، في طريقِه إلى المُشْتَري كُوَيكبًا يُدعى جاسْپْرا يقعُ على حافةِ النِّطاق الكويكبيّ، وصَوَّرَه - فكانت الصورةُ الأُولى المأخوذة عن قُربٍ لأحد الكُوَيكبات. وجاسْپْرا هو كُوَيكبٌ صَغيرٌ غيرُ مُنتظِم الشَّكْل، يبلُغ قُطرُه ١٢كم ويَدور حَوْلَ مِحْوره دورةً واحدةً كُلَّ سبْعِ ساعات.

مُعظَمُ الكُوَيكباتِ غيرُ مُنتظِمةِ الشَّكْل.

أحجامُ الكُوَيكبات

يستطيعُ الفلكيُّون احتِسابَ حجمِ كُوَيكبٍ مّا بدراسة سُطوعه (كميّةِ ما يعكِسُه من ضوءِ الشَّمْس)، أو بقياسِ زَمَنِ عُبوره قُبالةَ خلفيّةِ نجمٍ ما، أو بالقياس المُباشِر إذا اقتربَ من الأرض. أكبرُ الكُوَيكبات حجمًا هو سِيريس - إذ يبلغُ قُطرُه ٩٣٣كم، لكِنَّ غالبيَّتها لا تتعدّى ١٠٠كم. والكثيرُ منها، بالمُقارنة، بِحَجْمِ مَبْنى ناطحاتِ السَّحاب (في الولايات المتحدة).

إليانُور هِلِن

قَضَت الفلكيَّةُ إليانُور هِلِن عِدَّةَ سنواتٍ تكتشفُ الكُوَيكبات وترسُمُ خرائطَها - بخاصّةٍ تلك التي كانت تقتربُ من الأرض. تعملُ هِلِن في كاليفورنيا حيثُ تقومُ بدراسةٍ مُدقِّقةٍ لِلَّوْحات الفوتوغرافيّة، باحثةً بين النُّجوم عن كويكباتٍ جديدة. ويُسجِّلُ التحرُّكُ السريع نِسبيًّا لِلكُوَيكب قُبالةَ خلفيّةٍ من النُّجوم البعيدةِ على لَوحاتٍ فوتوغرافيَّة مُقامةٍ على تِلِسْكوباتٍ خاصّة.



لمزيد من المعلومات انظر
النِّظامُ الشَّمْسيّ ص ٢٨٣
المِرّيخ ص ٢٨٩
المُشْتَري ص ٢٩٠
المُذنَّباتُ والنَّيازِك ص ٢٩٥
السَّوابرُ الفضائيّة ص ٣٠١

المُذَنَّباتُ والنَّيازِك



يَبدو المُذَنَّبُ كَكُرَةِ ثلجٍ هائلةٍ مُتَسِخةٍ تندفِعُ خاطِفَةً طريقَها كالبَرْق حولَ أقاصي المنظومةِ الشمسيَّة. إنَّ بقايا السَّحابةِ التي كَوَّنَتِ النظامَ الشمسيَّ المُتواجدة ما وراءَ مَدار بلُوتو، تحوي بلايينَ الكُتَلِ الجليديَّةِ المعروفة بالمُذَنَّبات. وَمِن حينٍ لآخرٍ ينزاحُ أحدُها عن مَداره، نتيجةَ ارتطامٍ، إلى مسارٍ نحوَ الشَّمس حيثُ يتبخَّرُ الجليدُ مُكوِّنًا رأسًا ضَخْمًا وذَنَبًا طويلًا. وخِلالَ انطلاقه، يَطْرحُ المُذَنَّبُ شَقَفًا صغيرةً، تُشاهَدُ من الأرضِ شُهُبًا ضوئيَّةً تُدعى النَّيازِك. والفلكيُّون توَّاقونَ لِلحصول على عيِّنةٍ من مُذَنَّبٍ لأنَّها ستكونُ بيِّنةً دلاليَّةً من مَولِد النِّظامِ الشَّمْسيّ.

المُذَنَّب وِسْت، كما بَدا في ١٣ مارس عام ١٩٧٦.



نجومٌ شَعْرانيَّة

رُصِدَتِ المُذَنَّباتُ وسُجِّلَتْ على مَدى آلافِ السِّنين لكنْ كُنْهها لم يُدْرَكْ على حقيقتِه دائمًا. فقد سُمِّيَتْ مَرَّةً «بالنجوم الشَّعرانيَّة»، وكانَ المُتطيِّرون (المؤمنونَ بالخُرافات) يَرَوْن في ظُهورِها المُفاجئ نَذيرَ شؤم.

نَواةُ المُذَنَّب

ظَلَّتْ حقيقةُ نَواةِ المُذَنَّب مَجالَ تَخمينِ الناسِ حتى مَرَّ سابرٌ فضائيٌّ يُدعى جيُوتو بمُحاذاةِ نواةِ مُذَنَّبِ هالي عام ١٩٨٦. فأظهرَتِ الصُّوَرُ المُبتعَثةُ نَواةً عُسقوليَّةً (كحبَّةِ البطاطا) من الجليد المُتصخِّرِ طولُها ١٦كم وعرضُها ٨كم؛ فكان ذلك أوَّلَ تأكيدٍ لمَقُولة إنَّ المذنباتِ هي كُراتٌ ثَلجيَّةٌ عِملاقةٌ مُتَسِخةٌ (كما تنبَّأ بذلك العالِمُ الأمريكيّ، فرِدْ وِيپل، عام ١٩٤٩).



كُلَّما ابتعدَ المُذَنَّبُ عن الشَّمسِ يتناقَصُ ذَنَبُه حتّى يعودَ ثانيةً كُرةً ثلجيَّةً مُتَسِخة.

يتَّجِهُ ذيلُ المُذَنَّبِ دائمًا بعيدًا عن الشَّمس، فإذا كانَ المُذَنَّبُ ينطلِقُ بعيدًا عن الشَّمس فذيلُه في مُقدِّمتِه.

مع اقترابِ المُذَنَّبِ من الشَّمس، يبدأُ بإطْراحِ بعضٍ من مادَّتِه. إنَّ مُذَنَّبَ هالي سيدورُ حَولَ الشَّمس ٢٣٠٠ مَرَّةٍ قبلَ أن يتلاشى تمامًا.

الشَّمس

ذَنَبٌ غُباريّ

ذَنَبٌ غازيّ

يقضي المُذَنَّبُ معظمَ حياتِه كُرَةً ثَلجيَّةً مُتَسِخة. وعندما يقترِبُ من الشَّمسِ يتحوَّلُ ثَلجُه السَّطحيُّ إلى رأسٍ غازيٍّ، يُدعى ذُؤابة، تكنسُه إشعاعاتُ الشَّمسِ إلى ذَنَبٍ غازيٍّ – جارِفَةً معه أيضًا ذيلًا من جُسَيْماتِ الغُبار.

خِلالَ شهرِ آب من كُلِّ عام، تعبُرُ الأرضُ نطاقًا من الغُبار، هو مادَّةٌ من بقايا مُذَنَّبِ «سوِفْت تاتِل»؛ فيَحدثُ ذلك وابِلَ الشُّهُبِ الفرساوُسيَّة.

الرُّجُم والنَّيازك

الرُّجُمُ قِطَعٌ صخريَّةٌ قديمة بين كوكبيَّة (من الكُوَيكبات أو من سُطوحِ الكواكب، مثلًا) تعبُرُ إلى جَوِّ الأرض، فتَخترِقُ بعضُها الأصغرُ شُهبًا نَيْزكيَّةً فيه، ويَصطدِمُ بعضُها الآخرُ بسطحِ الأرض رُجُمًا. معظمُ الرُّجُمِ لا يتجاوزُ حجمُها حجمَ قبضةِ اليد، لكنَّ بعضَها أكبرُ كثيرًا. فرَجْمُ بارينجر الذي هَبَطَ في أريزونا، بالولاياتِ المتحدة، أحدثَ حُفْرةً قُطْرُها ١,٣كم.

وابِلُ شُهُب

تَطْرحُ المُذَنَّباتُ كميَّاتٍ هائلةً من الغازِ والغُبار، يتجمَّعُ منها على مدى قُرابةِ الألف سنة حَلقةٌ ضخمة. فإذا مرَّتِ الأرضُ عَبْرَ تلك الحلقة، يحترقُ الغُبارُ في جَوِّها، فنرى ذلك من الأرض وابِلَ شُهُبٍ نَيْزكيَّة.



حُفْرةٌ رَجْميَّةٌ في أريزونا، بالولايات المتحدة

إدْمُوند هالي

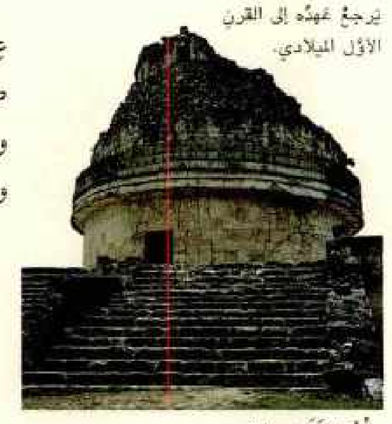
عَمِلَ العالِمُ الإنكليزيّ، إدمُوند هالي (١٦٥٦–١٧٤٢)، في عِدَّةِ مجالاتٍ من الأبحاثِ الفلكيَّة، لكنَّه اشتُهِرَ خاصَّةً بأبحاثِه حولَ المُذَنَّبات. بيَّنَ هالي أنَّ المُذَنَّباتِ التي رُصِدَتْ عامَي ١٥٣١ و١٦٠٧، والمُذَنَّبَ الذي شاهدَهُ شخصيًّا عام ١٦٨٢، هي في الواقعِ المُذَنَّبُ نفسُه، وتنبَّأ بعودتِه أواخرَ عام ١٧٥٩، وهذا ما حَصَلَ بالفِعْل – كما ظهرَ المُذَنَّبُ أيضًا في الأعوام ١٨٣٥، ١٩١٠ و١٩٨٦؛ ويُعرفُ بمُذَنَّبِ هالي. وكانَ هالي أوَّلَ من بَيَّنَ أنَّ مداراتِ بعضِ المُذَنَّباتِ تُعيدُها دوريًّا إلى جِوارِ الشَّمس.

لمزيد من المعلومات انْظر

النِّظامُ الشَّمسيّ ص ٢٨٣
الكُوَيكبات ص ٢٩٤
حقائقُ ومَعلومات ص ٤١٨

عِلْمُ الفَلَك

عِلْمُ الفَلَك أقدمُ العلوم، فمنذُ آلاف السّنين حاولَ الإنسانُ تعرُّفَ الفضاءِ ومَوقعَ الأرض فيه. وقد طوَّرَ المصريُّون منذُ ٤٠٠٠ سنةٍ تقويمًا يعتمِدُ على حركةِ الأجرام السَّماويَّة - كما عرفوا الكُسوفَ والخُسوف. وقد حقَّقَ الإغريقُ منذُ القَرنِ السادسِ ق.م. إنجازاتٍ فلكيَّةً على يد أمثال طاليس وأرسطارْخُس واراتوسثينِس طوَّرَها الفلكيونَ العربُ من أمثالِ البتّاني والبَيروني فيما بين القرنَيْن الثامِنِ والثاني عشر، كما يتبيَّنُ من مِئات التَّسمياتِ الفلكيَّة الدوليَّة المُعاصِرة. ومُنذ القَرنِ السابعَ عشَر تسارعت وَتيرةُ الاكتِشافات الفلكيةِ حتى إنَّ ما تعرَّفناه عن الكَوْن خِلالَ القرنِ الحالي يفوقُ سائرَ ما عَرفناهُ سابِقًا. فقد أصبَحَ الفلكيُّ اليومَ عالِمًا مُختَصًّا بمَجالٍ من عِلْمِ الفلك لا شَخصًا يعملُ في مَجالاتٍ علميَّةٍ مُتعدِّدة.



مَرْصَدُ المايا في مَكسيكو يَرجِعُ عَهدُه إلى القرنِ الأوّل الميلادي.

عِلْمُ الفَلَكِ القديم

اعتَمَدتِ الحضاراتُ العالميةُ القديمةُ في تَقاويمِها على حركةِ الأجرامِ في الفضاء. فاستُخدِمتْ مَواقعُ الشَّمْسِ والقَمَرِ في قِياسِ الزمن - بالأيّامِ والشهورِ والفُصولِ والسّنين. كما استُخدِمَتِ الشَّمْسُ والقَمَرُ والنُّجومُ مَعالِمَ هِدايةٍ في السَّفَرِ والمِلاحة بَرًّا وبحرًا. ولما كان إدراكُ طبيعةِ تلكَ الأجرامِ وتحرُّكاتِها قاصِرًا اعتُبِرَت بعضُ الظواهرِ الفلكيَّةِ احيانًا نَذيرَ شُؤم.



مَرْصَد تَيكو براهي

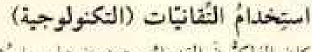


أهدافٌ جديدةٌ طَموحة

خِلالَ القرنِ التاسعَ عَشر تغيَّرتْ أهدافُ عِلْمِ الفَلَك. فتحوَّلَ اهتِمامُ الفلكيِّين من فهرسَةِ النُّجوم وتحديدِ مَواقِعِها وحَركاتِها إلى دِراسةِ ماهيَّةِ الأجرامِ الفلكيَّةِ وطبيعَتِها (عِلْم الفيزياء الفلكيَّة). ففي السّتينيّات من القرنِ التاسِعَ عَشر، حَلَّلَ الفلكيُّ البريطانيّ، وِليَمْ هَجِنْز، أضواءَ النُّجوم (الأطياف)؛ وسُرعانَ ما كَرَّسَ الفلكيُّونَ جُهودَهم في مُتابعةِ هذا العمل، فصَنَّفوا النُّجومَ تَبعًا لأطيافِها.

استِخدامُ التَّقانيّات (التكنولوجية)

كان الفلكيُّونَ القدماءُ يعتمدون على ما يُشاهِدونهُ بالعَينِ المُجرَّدة. ففي القرنِ السادسَ عَشَرَ وَضَعَ تَيكو بْراهي من مَرْصَدِه أدَقَّ القِياسات المُمكنةِ لِلنُّجوم بالعَينِ المُجرَّدة. ثمّ استُخدِمَ التلِسكوبُ للمرّةِ الأولى في القَرنِ السابعَ عشَر، وظَلَّ على مَدى السِّنين أداةَ الفلكيِّينَ الأساسيَّة. واليوم يُستعانُ بالتلِسكوباتِ الفائقةِ القُدرة والسَّواتِلِ والسَّوابِرِ الفضائيَّة، على اختِلافِها، لجَمْعِ المعلومات عن الفضاء. ومن ثَمَّ يَستخدِمُ العُلماءُ مُعدَّاتٍ مُتطورةً مُعقَّدة لِدِراسة المَعلوماتِ المُجمَّعة.





يَستخدِمُ الفلكيُّون الحواسيبَ في تحليلِ الصُّوَرِ واحتِسابِ المَداراتِ والتحكُّمِ في المُعدّاتِ المختلفة كالتلسكوبات والسَّواتِل والسَّوابِر الفضائيَّة.

يُوهانِّس كِپْلَر

الفلكيُّ الدانماركيّ، تَيكو بْراهي (١٥٤٦-١٦٠١)، قَضى سَنواتٍ عديدةً في فهرسةِ النجومِ والكواكبِ وتحديدِ مواقعِها بدِقَّةٍ فائقة. فمكَّنتْ أرصادُه الدقيقةُ لِلكواكبِ مُساعِدَه يُوهانِّس كِپْلَر (١٥٧١-١٦٣٠) من التوصُّلِ إلى قوانينِه الفلكيةِ الثلاثةِ المُهمَّةِ في كَشفِ طبيعةِ حَركاتِها؛ فقانونُه الأوَّلُ يَصفُ أشكالَ مَداراتِ الكواكب؛ وقانونُه الثاني يُحدِّدُ سُرعةَ الكواكبِ في مَداراتِها، وقانونُه الثالثُ يُبيِّنُ عَلاقةَ المداراتِ الكوكبيَّة المُختلِفةِ بعضِها ببَعض.

عِلْمُ الفَلَكِ الحديث

ما إن يتوصَّلُ الفلكيُّونَ إلى إيجادِ الأجوبة عن بعض تساؤلاتهم، حتى تَحُلَّ مَحلَّها تساؤلاتٌ جديدة. فمِن المُسلَّم به الآنَ مثلًا أنَّ بِدايةَ الكَوْن تَمَّتْ بالانفجار العظيم؛ لكنْ كيفَ تجمَّعتْ موادُّ ذلك الانفجار معًا لِتكوِّنَ المَجرّات؟ يستطيعُ العلماءُ اليومَ مُعالجةَ أمثالِ هذه المسائلِ بسُرعةٍ أكبر بواسطةِ الحواسيبِ - فهذه، تَحُلُّ المسائلَ الرياضيَّةَ المُعقَّدة، التي كانت تستغرقُ أسابيعَ منذُ مئةِ سنة، في غُضونِ ثُوَيعات. كما تُمكِّنُ الحواسيبُ الفلكيِّين، حَوْلَ العالَم، من التواصُلِ مَعًا لِتضافُرِ جُهودِهم في فَهمِنا للكَوْن.

لمزيد من المعلومات انْظُر

النُّجوم ص ٢٧٨
الكَوْكَبات (الأبراج) ص ٢٨٢
النِّظامُ الشَّمسيّ ص ٢٨٣
الشَّمس ص ٢٨٤
التلِسكوبات على الأرض ص ٢٩٧
التلِسكوبات في الفضاء ص ٢٩٨
السَّوابِرُ الفضائيّة ص ٣٠١

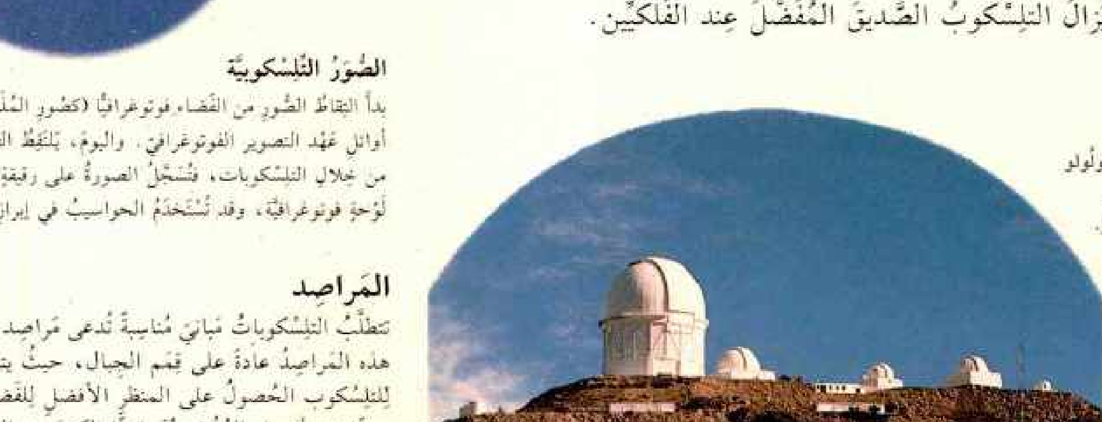
التِّلِسْكوباتُ على الأرض

قَبْلَ اختراعِ التِّلِسْكوب (المِقْراب)، كانت الوسيلةُ الوحيدةُ لِرَصْدِ الكَوْنِ هي العَيْنَ المُجَرَّدة. ومنذُ استخدَمَ غاليليو التلِسْكوب لِلمرَّةِ الأولى لِرَصْدِ الأَفْلاكِ عام ١٦٠٩، أخذَ الفلكيُّون يُحِدُّون أبصارَهم أبعدَ فأبعدَ في أرجاءِ الفَضاء؛ فاستطاعوا رؤيةَ تفاصيلَ دقيقةٍ من سُطوحِ الكواكبِ ومُشاهدةَ الكثيرِ من النُّجومِ التي لم تكن تُرى فيما مَضى. وقد استَخْدَمَتِ التلِسْكوباتُ الأولى عَدَساتٍ لِتُجَمِّعَ ضوءَ النجوم فعُرِفَتْ بالتلِسْكوبات الكاسِرة. أمّا التي تستخدِمُ المرايا بَدَلَ العَدسات فتُسَمّى التلِسْكوباتِ العاكِسَة. ولِلتلِسْكوبات الحديثةِ مُلْحَقاتٌ تُمَكِّنُها من أخذ القياساتِ وتحليلِ ضوءِ النُّجوم. ولا يَزالُ التلِسْكوبُ الصَّديقَ المُفَضَّلَ عِند الفَلَكيِّين.

مُذَنَّبُ هالي ١٩١٠

الصُّوَرُ التلِسْكوبيَّة

بدأَ التِقاطُ الصُّوَرِ من الفَضاءِ فوتوغرافيًّا (كصُوَرِ المُذَنَّباتِ مثلًا) منذُ أوائلِ عَهْدِ التصويرِ الفوتوغرافيّ. واليومَ، يَلتَقِطُ الفلكيُّونَ الصُّوَرَ من خِلالِ التلِسْكوبات، فتُسَجَّلُ الصورةُ على رقيقةٍ إلكترونيَّة أو لَوْحةٍ فوتوغرافيَّة، وقد تُسْتَخدَمُ الحواسيبُ في إبرازِ تفاصيلِها.



يَقَعُ مَرْصَدُ سيرُّو تولولو (لعموم أمريكا) على سلسلةِ جبال الأنديز.

التلِسْكوباتُ ضخمةٌ جدًّا وباهِظةُ التكلِفة بحيثُ تشترِكُ عِدَّةُ دُوَلٍ في بِناءِ واحدٍ منها واستِخدامِه.

المَراصِد

تتطلَّبُ التلِسْكوباتُ مَبانيَ مُناسِبة تُدعى مَراصِد. وتُقامُ هذه المَراصِدُ عادةً على قِمَمِ الجِبال، حيثُ يتسنّى لِلتلِسْكوب الحُصولُ على المنظرِ الأفضلِ لِلفَضاء - بعيدًا عن أضواءِ المُدُنِ ومُتَجاوِزًا الكثيرَ من التأثيرات المُعيقةِ في جَوِّ الأرض.

فَجْرٌ في سماءِ الطَّبَقِ العاكِسِ الضَّخم لتلِسْكوب أريسيبو الراديويّ.



الإطلالُ على الماضي السَّحيق

إذا تابَعَ الفلكيُّونَ رَصْدَ الأجرامِ البعيدة أكثرَ فأكثر، فقد يستطيعونَ النَّظَرَ أبعدَ فأبعدَ في الماضي السَّحيق - رُبَّما نحو بدايةِ الكَوْنِ ذاتِها. ولتحقيقِ ذلك يحتاجونَ إلى تِلِسْكوباتٍ ذاتِ مَرايا كبيرةٍ جدًّا لتجميعِ الضوء. ويَضُمُّ مَرصَدُ سيرُّو تولولو في التشيلي تِلِسْكوبًا عاكِسًا ذا مِرآةٍ ضخمةٍ يبلُغُ قُطْرُها ٤ أمتار. ولمّا كانَ من الصَّعْبِ صُنْعُ مِرآةٍ أكبر (لأنَّ الزُّجاجَ ينكسِر)، فقد طُوِّرَتْ بعضُ التلِسْكوباتِ المُتعدِّدةُ المَرايا، وهي تَستخدِمُ مجموعاتٍ من المَرايا الصغيرةِ المتشابِهةِ بحيثُ تُعادِلُ قُدرتُها، على تجميعِ الضوء، قُدْرةَ مِرآةٍ ضخمةٍ جدًّا.

تِلِسْكوباتٌ تعملُ معًا

يُمكِنُ ضَمُّ عِدَّةِ تِلِسْكوباتٍ صغيرةٍ لِتَعمَلَ معًا كتلِسْكوبٍ ضَخْم. ويقومُ حاسوبٌ بِضَمِّ المعلوماتِ التي يَستقبِلُها كُلُّ طَبَق. وتُعرَفُ هذه التقنيَّةُ بعِلْمِ القِياس بالتَّداخُلِ الضوئيّ، وقد استُخْدِمَتْ لِلمرَّةِ الأولى في السِّتينيّاتِ من القرنِ العشرين. وجديرٌ بالذِّكرِ أنَّ أكبرَ تِلِسْكوبٍ راديويّ (لاسلكيّ) من هذا النمطِ يَستخدِمُ أطباقًا مُقامةً في قارّاتٍ مُختلِفة!

في نيومكسيكو، يُستخْدَمُ المِقرابُ الراديويُّ الكبيرُ المُتعدِّدُ الأطباق صفيفةً من ٢٧ طبقًا قُطْرُ الواحدِ منها ٢٥ مترًا.

صُورةٌ بالرّاديو لِسَديمِ السَّرطان التُقِطَتْ بواسطةِ المِقرابِ الراديويِّ الكبيرِ المُتعدِّدِ الأطباق في نيومكسيكو.

صُورةٌ بالرّاديو

اكتُشِفَتْ أمواجُ الفضاءِ الرّاديويَّة (المُسمّاةُ أحيانًا الضوضاءَ اللّاسلكيَّة) عام ١٩٣١. لكنَّ إقامةَ التلِسْكوباتِ الرّاديويَّة (اللّاسلكيَّة) واستخدامَها تأخَّرا حتّى أواخرِ العَقْدِ التالي. في هذه التلِسْكوبات تُحَوَّلُ الأمواجُ الرّاديويَّةُ إلى إشاراتٍ كهربائيَّة يُمكِنُ استخدامُها لِتأليفِ صُوَرٍ مَصادِرِها.

التلِسْكوباتُ الرّاديويَّة

لِجَمْعِ الأمواجِ اللّاسلكيَّةِ من الفَضاء، يَستخدِمُ الفلكيُّ تِلِسْكوبًا راديويًّا، يعمَلُ كالتلِسْكوباتِ البصريَّة (التي تُجَمِّعُ الضوء) - فيُوجِّهُ طَبَقَهُ نحوَ الفَضاءِ لِتجميعِ الأمواجِ وتَبئيرِها. ولمّا كانت الأمواجُ اللّاسلكيَّةُ أطولَ أمواجًا من الضوء، وجَبَ أن يكونَ التلِسْكوبُ اللّاسلكيُّ أكبرَ بكثيرٍ من التلِسْكوبِ البصريّ لِيَجْمَعَ كمِّيَّةَ المعلوماتِ ذاتِها. ويوجَدُ التلِسْكوبُ ذو الطبقِ الأحاديِّ الأكبرِ في العالَمِ في أريسيبو، بُورتو ريكو. وقد أُقيمَ طبقُه البالغُ قُطْرُهُ ٣٠٥ أمتار فوقَ تجويفٍ طبيعيٍّ في الأدغال. ففي أثناءِ دَورانِ الأرضِ يُواجِهُ الطبقُ أقسامًا مُختلِفةً من السَّماء.

لمزيد من المعلومات انظر
الانعكاس ص ١٩٤
العَدَسات ص ١٩٧
الآلاتُ البصريَّة ص ١٩٨
التلِسْكوباتُ في الفَضاء ص ٢٩٨

التِّلِسْكوباتُ في الفَضاء

يَحجُبُ جَوُّ الأرضِ العديدَ من الإشعاعات، فيَقينا مِنها كما تَقي النَّظّاراتُ الشمسيَّةُ أعيُنَنا. وهذا الجوُّ يُمِرُّ الضوءَ، لكنَّ الضوءَ أيضًا يتأثَّرُ به - فتبدو الصُّوَرُ غَبِشَةً والنُّجومُ لألاءَةً؛ وهي في الواقعِ مُطَّرِدةُ السُّطوع. لِذا أخَذَ الفلكيُّونَ مُنْذُ مُنتَصَفِ القَرنِ العِشرين يَبعثونَ التِّلِسْكوباتِ إلى الفَضاء لِلحصُول على صُوَرٍ ومَشاهِدَ أفضلَ لِلأفلاك من حَوْلِنا. كما إنَّ التِلِسْكوباتِ في الفَضاء تلتقِطُ مشاهِدَ لِلكَوْنِ لا يُمكِنُ مُشاهدتُها من الأرض؛ وتعمَلُ هذه التِلِسْكوباتُ ليلَ نَهارَ - تُسَجِّلُ المَعلوماتِ وتُرسِلُها إلى الأرضِ لِتُحلَّلَ وتُدرسَ. ثمَّ إنَّ التِلِسْكوباتِ تُمكِّنُنا من تفَحُّصِ الفضاءِ بأجهزةٍ حسَّاسةٍ لِمُختلِفِ الأشِعَّةِ السينيَّةِ مِنها وفَوقَ البنفسجيَّةِ والأشِعَّةِ دونَ الحمراء.



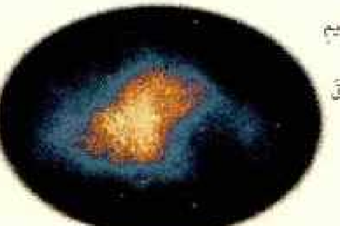
المُحاوَلاتُ الأُولى

خِلالَ الثلاثينيّاتِ والأربعينيّاتِ من القرنِ العِشرين كانتِ المَناطيدُ إحدى الوسائلِ القليلةِ لِحَمْلِ الأجهزةِ العِلميَّةِ إلى الفَضاء؛ وكانت الصواريخُ الخيارَ الآخر. وهي، متى حَلَّقت إلى ارتفاعٍ كافٍ، يتسنّى لها خلالَ دقائقَ قليلةٍ تسجيلُ مَشاهِدَ كصُوَرٍ لِلشَّمسِ مثلًا بالأشِعَّةِ السينيَّةِ، قبلَ سُقوطِها عائدةً إلى الأرض.

صورةٌ لِسَديمِ السَّرطان بالأشِعَّةِ السينيَّة (أشِعَّة إكْس)

صُوَرٌ بالأشِعَّةِ السينيَّة

منذُ اكتِشافِ الأشِعَّةِ السينيَّةِ الفضائيَّةِ لِلمرَّةِ الأولى، عام ١٩٤٨، والفلكيُّونَ يتفَحَّصون الكونَ كما تُبيِّنُه تلك الأشِعَّةُ - إذ بمقدورِ الأشِعَّةِ السينيَّةِ بيانُ «البُقَعِ الحامية» أو المناطقِ الناشطةِ الفعاليةِ في الفَضاء؛ كما تُساعدنا أيضًا في مُشاهدةِ أجرامٍ، كالبُلْسارات، تبدو بدونِها ضبابيَّةً خافِتة.



صورةٌ لِسَديمِ السَّرطان بالأشِعَّةِ فوقَ البنفسجيَّة

صُوَرٌ بالأشِعَّةِ فوقَ البنفسجيَّة

غالبيَّةُ الأشِعَّةِ فوقَ البنفسجيَّةِ يمتَصُّها جَوُّ الأرض (والقليلُ منها يَخترقُه فيُكسِبُ أجسادَنا سُمرةَ التعرُّضِ لِلشَّمس). وقد أُطلِقَتْ سواتِلُ لتجميعِ الأمواجِ فوقَ البنفسجيَّةِ لِلمرَّةِ الأولى في السِّتينيّاتِ من القرنِ العشرين. ولا يَزالُ السّاتِلُ العالميُّ المُستكشِفُ لِلأمواجِ فوقَ البنفسجيَّة يُستخدَمُ منذُ إطلاقِه عام ١٩٧٨.

صورةٌ لِسَديمِ السَّرطان بالأشِعَّةِ دُونَ الحمراء

صُوَرٌ بالأشِعَّةِ دُونَ الحمراء

إنَّ بعضَ الأشِعَّةِ دُونَ الحمراء تصِلُنا من الفَضاءِ الخارجيّ، لكنَّها تتداخَلُ مع الأشِعَّةِ دونَ الحمراءِ التي تَبعثُها الأرضُ نفسُها. لِذا، يُفضِّلُ الفلكيونَ وَضعَ تِلِسْكوباتِ الأشِعَّةِ دُونَ الحمراء في الفَضاء - حيثُ باستِطاعتِها كَشفُ المصادرِ الحراريَّةِ التي لا تُبيِّنُها التِلِسْكوباتُ الضوئيَّة.

يَستخدِمُ تِلِسْكوبُ هَبِل مَرايا لِتجميعِ الضَّوءِ والأشِعَّةِ فوقَ البنفسجيَّةِ من الفَضاءِ وتكبيرِها.

حاسوبُ السّاتِلِ يتحكَّمُ في التِلِسْكوبِ وينقُلُ المعلوماتِ من الأرضِ وإليها.

تِلِسْكوب هَبِل

أُطلِقَ تِلِسْكوب هَبِل الفضائيّ في نيسان (أبريل) عام ١٩٩٠. وهو يدورُ حَولَ الأرضِ على عُلُوِّ ٥٠٠كم، ويجمعُ من مَوقِعِه صُوَرًا منذُ ملايينِ السِّنين تُتيحُ لِلفلكيِّين فُرصةَ الاطِّلاعِ على تكوُّنِ الكَوْنِ الفتيّ بعدَ الانفِجارِ العظيم. ويقومُ على صيانةِ هذا التِلِسْكوبِ في الفَضاءِ دوريًّا رُوّادٌ من المكُّوكِ الفضائيّ.

الإشْعاع

أمواجُ الضوءِ هي إحدى أنواعِ الإشعاعاتِ العديدةِ التي تَبعثُها الأجرامُ الفَضائيَّة. والأنواعُ الأُخرى ذاتُ أطوالٍ مَوجيَّةٍ مُختلِفة. فالأمواجُ الرّاديويَّةُ، مثلًا، ذاتُ طُولٍ مَوجيٍّ يَفوقُ طُولَ أمواجِ الضَّوء؛ بينما الأطوالُ الموجيَّةُ لِلأشِعَّةِ السينيَّةِ أقصَرُ. وليسَ كُلُّ هذهِ الإشعاعاتِ قادرًا على اختِراقِ جَوِّ الأرضِ لِبلوغِ سَطحِها - فمُعظَمُ الضوءِ وبعضُ الأشِعَّةِ دُونَ الحمراءِ قادرةٌ على ذلك، أما أشِعَّةُ غاما، فلا. فإذا رَغِبَ الفلكيُّونَ تجميعَ مِثلِ هذه الأشِعَّةِ (التي لا تستطيعُ اختِراقَ جَوِّ الأرض) فعليهم إرسالُ مُعدّاتِهم إلى الفَضاءِ الخارجيِّ لذلك.

يَنقسِمُ جَوُّ الأرضِ إلى طبقاتٍ مُختلِفةٍ هي: الغِلافُ السُّفليّ (التروبوسفير)، والغِلافُ الطبقيّ (الستراتوسفير)، والغِلافُ المتوسِّط (الميزوسفير) والغِلافُ الحراريّ (الثرموسفير)؛ وتحجُبُ الأغلِفةُ المُختلِفةُ إشعاعاتٍ مُختلِفة.

يَصُدُّ الغِلافُ الحراريّ أشِعَّةَ غاما ذاتَ الأطوالِ الموجيَّةِ القصيرة.

الأشِعَّةُ السينيَّة

الأشِعَّةُ فوقَ البنفسجيَّة

طبقةُ الغِلافِ الحراريِّ العُليا

طبقةُ الغِلافِ المتوسِّطِ العُليا

يَنبغي جمعُ الأمواجِ الرّاديويَّةِ (اللاسلكيَّة) الطويلةِ في الفَضاء.

الأمواجُ الرّاديويَّةُ القصيرة تصِلُ إلى الأرض.

طبقةُ الأوزون

يَصُدُّ الغِلافُ الجوِّيّ السُّفليّ الأمواجَ تحتَ الحمراء؛ لكنَّ قِلَّةً منها تخترِقُ الجوَّ إلى الأرضِ حيثُ التِلِسْكوباتُ الكبيرةُ جاهِزةٌ لِتجميعِها.

تَصِلُ أمواجُ الضوءِ إلى الأرض، لكنَّ مسيرَها عبرَ الجوِّ يُؤثِّرُ فيها.

الغِلافُ الطبقيُّ العُلْويّ

أعلى الغِلافِ السُّفليّ

سَطحُ الأرض

لمزيد من المعلومات انظر
الطَّيفُ الكَهْرمَغْنَطيسيّ ص ١٩٢
الآلاتُ البَصريَّة ص ١٩٨
الجَوّ ص ٢٤٨
التِلِسْكوبات على الأرض ص ٢٩٧
الصَّواريخ ص ٢٩٩
السَّواتِل (الأقمار الصناعيَّة) ص ٣٠٠

الصَّواريخ

لِلإفلاتِ من جاذبيَّةِ الأرضِ لا بُدَّ من الِانطِلاقِ في صاروخ. لذا تُستَخدَمُ الصواريخُ في دَسْرِ السَّواتِلِ والرُّوَّادِ إلى الفَضاء، وبِدونِها كانت تظلُّ مَعلوماتُنا عن مُحيطِ أرضِنا قليلة، ولا كُنَّا نَعِمنا بالكثيرِ من الفوائدِ التي أتاحَتها لنا تلك السَّواتِلُ. تُوَلِّدُ الصواريخُ قُوةَ دَسْرٍ تدفعُها صُعدًا بحَرْقِ الوقود. والواقعُ أنَّ الوَقُودَ يشْغَلُ مُعظَمَ حَجمِ الصاروخ - فحُمولَتُه (من الرُّوَّاد والآلات) لا تشغَلُ بالمقارَنةِ إلّا جُزءًا صغيرًا من حَجمِه. في العام ١٩٠٣، عرضَ الأستاذُ الرُّوسيُّ، قُسطَنطين تسِيُولْكُوفسكي، الأفكارَ العلميَّةَ الأُولى حولَ الدَّفعِ الصاروخيِّ. لكنَّ مشاريعَ رِيادةِ الفَضاء لم تتبلوَرْ إلّا في العامِ ١٩٢٦، عندما أطلقَ المُهندِسُ الأمريكي، روبَرت چودارْد أوَّلَ صاروخٍ يعملُ بالوَقُودِ السَّائل.

مقصورةُ القيادة في ابولُو. وهي قِسمُ الصَّاروخ الذي أعادَ الرُّوادَ في نهاية المطاف إلى الأرض.

عربة ابولُو القمريَّة. (الجزءُ الذي هبَطَ فِعْلًا على القمَر)

وَقُودُ المَرحلة الثالثة

مُحرِّكُ المَرحلة الثالثة

وَقُودُ المَرحلة الثانية

مُحرِّكاتُ المَرحلة الثانية

وَقُودُ المَرحلة الأولى

أنفُ الصَّاروخ مَخروطيٌّ مُستَدِقٌّ يَشُقُّ مسارَه عَبْرَ الهواء.

ساتِرن «٥»

صُمِّمَ صاروخُ ساتِرْن «٥» فائقَ الضخامة والقُوَّة لإرسال مَركبة أبولُو برُوَّادها إلى القَمَر. فكانَ عليه ليسَ فقط الوصولُ إلى القمَر، بل الهُبوطُ بأمانٍ على سَطحِه، ثُمَّ الانطلاقُ مُجدَّدًا للعودةِ إلى الأرض. وتتطَلَّبُ رِحلةٌ كهذه مقاديرَ هائلةً من الوَقُود - عِلمًا أنَّ الصواريخَ لا تحمِلُ وَقُودَها في خزّانٍ واحِد، بل في عِدَّةِ حاوياتٍ طِباقيَّةٍ تُدعى مَراحِل. فما إنْ تَفرَغُ حاويةُ المَرحلةِ حتّى تسقُطَ لِتقليلِ الحِمْل، وتبدأُ مُحرِّكاتُ المَرحلةِ التالية.

الحُمولة (ساتِل فضائيّ)

وَقُودُ المَرحلة الثالثة

يتألَّفُ وَقُودُ الصَّاروخِ عادةً من سائلَيْن - ينْفَجِران استِعارًا عندَ مَزْجِهما وتنبَجِسُ غازاتُ العادِمِ إلى الخارجِ عَبْرَ منافِثَ من مُؤخَّرةِ الصاروخ، فيندفِعُ الصاروخُ قُدُمًا بقُوَّةِ رَدِّ الفِعْل.

وَقُودُ المَرحلة الثانية

وَقُودُ المَرحلة الأُولى

صواريخُ مُعزِّزة

أرْيان

تَستخدِمُ وكالةُ الفَضاءِ الأوروبيَّةُ سِلْسِلةً من الصواريخِ تُدعى أرْيان لإطلاقِ سَواتِلِها. فتُوضَعُ الحُمولةُ - السَّاتِلُ - في المُقدِّمةِ كما هي الحالُ في جميعِ صواريخِ الفَضاء. وكُلَّما ازدادَتْ ضَخامةُ أرْيان، ازدادَتْ إمكانيةُ حَمْلِه ساتِلًا أضخمَ وأثقلَ. ويُوَفَّرُ الدَّسْرُ الإضافيُّ اللازِمُ بحَزْمِ صواريخَ مُعزِّزةٍ إضافيَّةٍ حَوْلَ المَرحلةِ الأُولى.

موقعُ الإطلاق

تُطلَقُ الصواريخُ من مراكزَ فضائيَّة، يبلُغُ عددُها حوالى ١٥ مركزًا مُوزَّعةً حَوْلَ العالَم. يحوي كُلُّ مَركزٍ فضائيٍّ أقسامًا تِقنيَّةً وتحكُّميَّة، ومِنصَّةَ إطلاق. عندَ انتِهاءِ كُلِّ التَّحضيرات، يُقامُ الصاروخُ على المِنصَّةِ جاهِزًا لِلانطلاق. وكُلَّما اقترَبَ موقِعُ الإطلاقِ من خَطِّ الاستِواء ازدادت المُساعَدةُ التي يتلقَّاها الصاروخُ للارتِقاء نتيجةً لتدويمِ الأرض (حيثُ هو الأسرعُ هناك).

فوسْخُود

صُمِّمَ الصَّاروخُ الرُّوسيُّ فوسْخود لِحَمْلِ أكثرَ من رائدٍ إلى الفَضاء في رِحلته. ففي العام ١٩٦٤، أُطلِقَ ثلاثةٌ من الرُّوَّادِ الرُّوس إلى الفَضاء. وفي رِحلةِ فوسْخود الفضائيَّة الثانية عام ١٩٦٥، حقَّقَ رائدُ الفَضاء الروسيُّ، ألِكسي لِيُونوف سَبْقًا فذًّا كأوَّلِ رائدٍ يُغامِرُ بالخروجِ من كَبسولَته.

زادَ وزنُ ساتِرْن «٥» الثلاثيِّ المَراحل (الطبقات) على ٢٧٠٠ طن، فاحتاجَ إلى قُوةِ دَسْرٍ هائلةٍ لِينطلقَ من الأرض. وقد توفَّرت تلك القُوَّةُ من خمسةِ مُحرِّكات في المرحلة (الطبقة أو الحاوية) السُّفلى. وخِلالَ دقائقَ توقَّفَ الاحتِراقُ في هذه المَرحلة فسقطت عائدةً إلى الأرض.



نَموذجٌ لِلطائرة الفضائيَّة الألمانيَّة سانْجِر المُعتزمِ بناؤها. وهي تتألَّفُ من طائرةٍ حامِلةٍ ومَركبةٍ فضائيَّةٍ صالحةٍ لِلاستِعمال تكرارًا، تُدعى حُورَس.

طائرةٌ فضائيّة

المُشكِلةُ في الصَّواريخِ المُتعدِّدةِ المَراحِلِ أنَّها تُستَخدَمُ لمرَّةٍ واحدةٍ فقط. فعِندما تتساقَطُ مَراحِلُها تحترِقُ في جَوِّ الأرضِ وتتَدمَّر. لذا يُحاوِلُ العلماءُ في بُلدانٍ كثيرةٍ تطويرَ «طائرة فضائيَّة» تُستَعمَلُ تكرارًا - فتُقلِعُ أُفقيًّا - مستخدِمةً الهواءَ لِحَرْقِ وَقُودِها (كالطائرة العاديَّة) وهي في جَوِّ الأرض. ثُمَّ في الفَضاء، حيثُ ينعدِمُ الهواء، تُحرِقُ مزيجًا من الهِدْروجين السائل والأُكسجين (كالصاروخ).

سُرعةُ الإفلات

إذا رَمَيْتَ كُرةً في الهواء، فإنَّ جاذبيَّةَ الأرض ستُبطِئُها تدريجيًّا حتّى تسقُطَ عائدةً إلى الأرض. لكنْ لو تستطيعُ قَذْفَها بِسُرعةٍ تبلُغُ ٤٠٠٠٠ كم/سا، فإنَّ سُرعتَها، رُغْمَ تبطئةِ الجاذبيَّة، تظَلُّ كافيةً لِحَمْلِها إلى الفَضاءِ بعيدًا عن مُتناوَلِ جاذبيَّةِ الأرض. هذه السُّرعةُ تُدعى سُرعةَ الإفلات من جاذبيَّة الأرض، وعلى الصَّواريخِ المُصمَّمةِ لِلإفلات من جاذبيَّةِ الأرضِ بلوغُ هذه السُّرعة كحَدٍّ أدنى.

القُوَّةُ التي ينطلِقُ بها الصاروخُ بعيدًا عن الأرض يجبُ أنْ تكونَ أكبرَ من قُوَّةِ الجاذبيَّةِ التي تشُدُّه نحوها.

لمزيد من المعلومات انظُر

الجاذبيَّة ص ١٢٢
القمر ص ٢٨٨
التِّلِسكوبات في الفَضاء ص ٢٩٨
السَّواتِل ص ٣٠٠
السَّوابِر الفضائيَّة ص ٣٠١
الإنسان في الفَضاء ص ٣٠٢

السَّواتِل (الأَقْمارُ الصِّناعِيَّة)

تَصوَّرْ أنَّ رقيبًا يُطِلُّ على الأرض من عَلُ ويُزوِّدُنا بمعلوماتٍ عن الطَّقس أو يُحدِّدُ لنا مَناطقَ تواجُد القَراراتِ المَعدنيَّة. هؤلاء الرُّقباءُ أصبَحوا حقيقةً واقعةً اليومَ بِفَضلِ السَّواتِل في مَداراتها مع الأرض أو حولَها. وهذه السَّواتِلُ مُختلِفةٌ مُتعدِّدةُ الأنواع، مُصمَّمةٌ لِأداءِ مُهِمَّاتٍ مُتبايِنَة. فبَعضُها يُوفِّرُ لنا التواصُلَ التِّلفونيَّ الفوريَّ، وبعضُها الآخرُ يُتيحُ لنا مُراقَبةَ الأحداثِ الجارِيَةِ في العالَم على شاشاتِ أجهِزَتنا التِّلفزيونيَّة مُباشَرةً. والسَّواتِلُ المِلاحيَّةُ تُساعِدُ السُّفُنَ والطائراتِ في تحديدِ مَواقِعها بدِقَّة؛ كما يَستخدِمُ الفلكيُّون سواتِلَ خاصَّةً لاستكشافِ أقاصي الكَوْنِ الفَسيح. إنَّ المجالَ الفَضائيَّ حولَ الأرض أخذَ يَزْخَرُ بالسَّواتِلِ المُتزايدةِ الدائرةِ حَوْلَ الأرض ومَعَها في رِحلتِها عَبْرَ الفَضاء.



إصلاحُ السَّواتِل

ماذا لو طَرأَ عُطْلٌ ما على السَّاتِلِ في مَدارِه؟ الجوابُ يتلخَّصُ في أنَّ إصلاحَهُ مُمكِنٌ. فإذا كان العُطْلُ بسيطًا قامَ الرُّوادُ بإصلاحه في الفَضاء. أمَّا إذا كان العُطْلُ أساسيًّا، فيُعادُ السَّاتِلُ إلى الأرض حيث يُصلَحُ ويُعادُ إطلاقُه. ففي تشرين الثاني (نوفمبر) عام ١٩٨٤، استعادَ طاقَمُ المكُّوكِ الفَضائيّ، ديسْكَفري، ساتِلَ اتصالاتٍ يُعاديَةٍ وأعادوه إلى الأرض.

المَدارُ اللاتمركُزي: السَّاتِلُ المُصمَّمُ لِقياس مَجالَي الأرض المَغْنطيسيّ والكهربائيّ يَستخدِمُ مثلَ هذا المَدارِ لِتسجيلِ القِياسات على أبعادٍ مُختلِفةٍ مِن الأرض.

المَدارُ القُطْبيّ (المَدارُ حَوْلَ قُطْبَي الأرض): سواتِلُ رَصْدِ الطقس تدورُ عادةً في هذا المَدار حيثُ يُمكِنُها مَسْحُ كامِلِ الأرض أثناءَ تدويمِها حَوْلَ مِحْوَرِها.

المَدارُ الخَفيض: أيسَرُ المَداراتِ بُلوغًا – حيثُ يدورُ تِلِسكوبُ هَبِل الفَضائيّ ومَحَطَّةُ الفَضاء الرُّوسيَّة مير.

المَدارات

يتوقَّفُ مَسارُ السَّاتِل حَوْلَ الأرض على المُهِمَّةِ المَنوطَةِ به. فالمَدارُ الأرضيُّ الاستِقراريُّ، مثلًا، يرتفِعُ ٣٥٨٨٠كم فوق خطّ الاستِواء؛ والسَّواتِلُ في هذا المَدار تُكمِلُ دورةً واحدةً حَوْلَ الأرض في الوقت ذاته الذي تُكمِلُ فيه الأرضُ دورةً واحدةً حَوْلَ مِحْوَرِها. وهكذا يَظلُّ السَّاتِلُ مُستقِرًّا فوقَ النُّقطةِ ذاتِها على الأرض؛ وهذا ضَروريٌّ لِلسَّواتِل التلفزيونيَّة.

المَدارُ الأرضيُّ الاستِقراري: تَدورُ فيه سواتِلُ الاتصالات، مِثل غِرَيْسات والسَّاتِل الأوروبي أولِمْبُس، مُتزامِنةً مع دَورانِ الأرض.

المُستكشِفُ فوقَ البَنفسَجيّ الدَّوليّ

ساتِلٌ فلكيٌّ أُطلِقَ عام ١٩٧٨ لِدراسةِ الإشعاعاتِ فوقَ البَنفسجيَّةِ الآتِيَةِ من النُّجوم والمَجَرَّاتِ في الفَضاء. وكان يُتوقَّعُ له أن يَستمِرَّ ثلاثَ سنواتٍ فقط، لكنَّه ما زالَ دائرًا يعملُ حتّى اليوم. ويَستغرِقُ إرسالُ الصُّورةِ منه إلى إحدى المَحطَّتَينِ الأرضيَّتَينِ اللَّتَين تُراقِبانه (الأولى في أمريكا والثانية في إسبانيا) ثماني دقائق.

طَبَقُ استقبالٍ ساتِليّ

ما إنْ يبلُغَ السَّاتِلُ الفلكيُّ مَدارَه حتّى يبدأَ عَمَلَه. فتتعقَّبُه المَحطَّاتُ الأرضيَّةُ مُراقِبةً تحرُّكاتِه ومُعيدةً توجيهَه عندَ الضَّرورة؛ كما تستقبِلُ منه المَعلوماتِ وتعالِجُها لإطلاعِ العُلماء. وتُجمَعُ الإشاراتُ التي يبثُّها السَّاتِلُ بواسطةِ أطباقٍ على الأرض تُشبِهُ أطباقَ السَّواتِلِ التلفزيونيَّة، لكنَّها أكبرُ كثيرًا.

سبوتْنيك ١٠ – كُرةٌ من الألومنيوم قُطرُها ٥٨سم

سبوتْنيك

وَضعتْ روسيا أوَّلَ قَمرٍ صِناعيٍّ في مَدارٍ حَوْلَ الأرض في تِشرين الأول (أكتوبر) عام ١٩٥٧؛ فاستكشفَ جَوَّ الأرض خِلال فترةِ دورانه القصيرة في الفَضاء. ولم يَمْضِ شَهرٌ واحدٌ حتّى أُطلِقَ سبوتْنيك ٢، وكان على مَتنِه الكلبةُ لايكا – أوَّلُ كائنٍ حيٍّ يَزورُ الفَضاء.

لمزيد من المعلومات انْظُر

الاتِّصالاتُ البُعاديَّة ص ١٦٢
الانعِكاس ص ١٩٤
رَصْدُ الطَّقس ص ٢٧٢
التِّلِسكوبات في الفَضاء ص ٢٩٨
الصَّواريخ ص ٢٩٩
السَّوابرُ الفَضائيَّة ص ٣٠١

السَّوابِرُ الفَضائيَّة

السَّوابِرُ الفَضائيَّةُ مَرْكَباتٌ غيرُ مأهولةٍ تُرسَلُ إلى الفَضاء (كالمُراسِلينَ الجَوّالين) لِتتقصَّى نِظامَنا الشَّمْسيَّ وتَبعَثَ بتقاريرِها إلى الأرض. ولقد حقَّقَت هذه السوابرُ عِدَّةَ اكتِشافاتٍ مُهِمَّة، ما كانَ يُمكِنُ تحقيقُها من الأرض. والسَّوابرُ الفضائيَّةُ هي روبوطاتٌ فائقةُ الدِّقةِ والتعقيدِ تُطلَقُ إلى الفَضاءِ في مَسارٍ مُقرَّرٍ سَلَفًا نحو هَدفٍ مُعيَّن، ككَوكبٍ مثلًا. وعند اقتِرابِ السابرِ من الكوكب أو الدورانِ حَوْلَه، تبدأُ الأجهزةُ على مَتْنِه استِقصاءاتِها وتُرسِلُ النتائجَ إلى الأرض لاسِلكيًّا. بعضُ هذه البياناتِ تُمثِّلُ صُوَرًا عن قُربٍ لِعَوالِمَ نائيةٍ. وقد زارتِ السوابرُ الفضائيَّةُ المُختلِفةُ الشَّمسَ والمُذنَّباتِ والكُويكِباتِ وجميعَ الكواكبِ عدا پلوتو.

السَّابر غاليليو

أُطلِقَ السَّابرُ الفَضائيُّ غاليليو عام ١٩٨٩؛ وقد بلغَ المُشْتَري بعد سِتِّ سَنوات. لكنَّ الجُزءَ الأكبرَ من المركبة – وهو العَربةُ المداريَّة – سَيَستغرِقُ سنتَيْن إضافيَّتَيْن لِيدورَ حَوْلَ الكوكبِ وأقمارِه الرئيسيَّة. وستُرسِلُ المركبةُ سابرًا أصغرَ إلى جَوِّ المُشْتَري لِفحصِه عن قُرب.

الزياراتُ السَّابريَّة

١٩٥٩ لونا «٢»، أوَّلُ سابرٍ ينجحُ في الوصولِ إلى القمر.
١٩٦٢ مارينر «٢»، أوَّلُ سابرٍ كوكبيّ ناجحٍ يمُرُّ قُربَ الزُّهَرة.
١٩٦٩ أپولو «١١»، أوَّلُ سابرٍ يعود بعيِّناتٍ من صخور القمرِ إلى الأرض.
١٩٧٣ إطلاقُ مارينر «١٠»، أوَّلُ سابرٍ يزورُ كوكبَيْن – الزُّهَرةَ وعُطارِد.
١٩٧٦ السَّابرانِ ڤايكنغ «١» و «٢» يهبطانِ على المرِّيخ.
١٩٧٧ أُرسِلَ ڤوياجير «١» و «٢» إلى المُشْتَري وزُحَل وأورانوس ونِپتون.
١٩٨٥ أُرسِلَ خمسةُ سوابرَ لاستقصاءِ المُذنَّبِ هالي.
١٩٩٠ إطلاقُ السَّابر يوليسيز ليَمُرَّ فوقَ قُطبَي الشَّمس.
١٩٩٥ السَّابرُ غاليليو اتَّخذ مدارًا حولَ المُشْتَري.

الصُّوَر

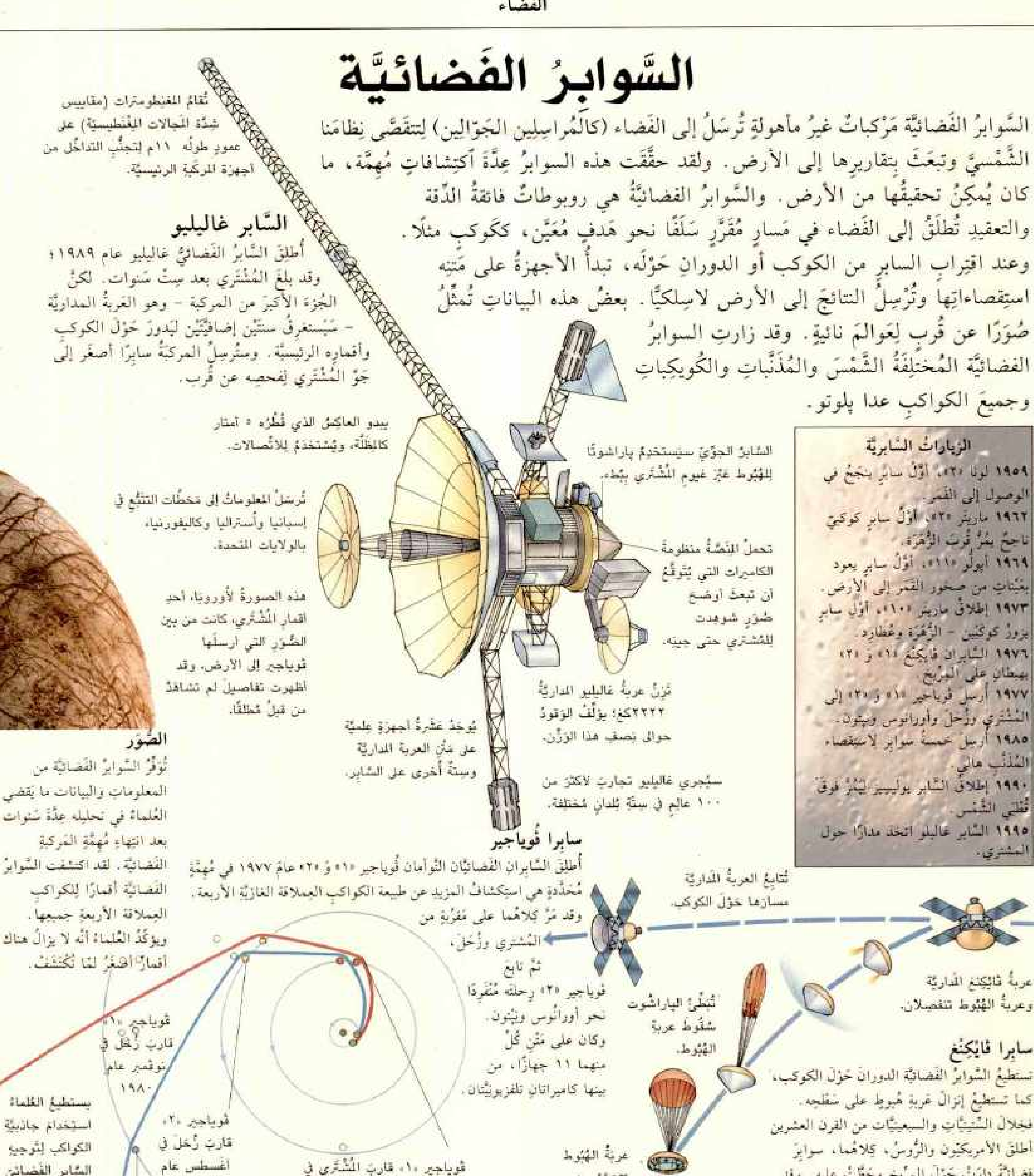
تُوفِّرُ السَّوابرُ الفَضائيَّةُ من المعلوماتِ والبياناتِ ما يَقضي العُلماءُ في تحليلِه عِدَّةَ سَنوات بعد انتِهاءِ مُهِمَّةِ المَركبةِ الفَضائيَّة. لقد اكتشفَتِ السَّوابرُ الفَضائيَّةُ أقمارًا لِلكواكبِ العِملاقةِ الأربعةِ جميعِها. ويؤكِّدُ العُلماءُ أنَّه لا يزالُ هناك أقمارٌ أصغَرُ لمّا تُكتَشَف.

سابِرا ڤوياجير

أُطلِقَ السَّابرانِ الفضائيَّانِ التَّوأمانِ ڤوياجير «١» و «٢» عام ١٩٧٧ في مُهِمَّةٍ مُحَدَّدةٍ هي استِكشافُ المزيدِ عن طبيعةِ الكواكبِ العِملاقةِ الغازيَّةِ الأربعة. وقد مرَّ كِلاهُما على مَقرُبةٍ من المُشْتَري وزُحَل، ثمَّ تابعَ ڤوياجير «٢» رِحلتَه مُنفرِدًا نحو أورانوس ونِپتون. وكان على مَتْنِ كُلٍّ منهما ١١ جهازًا، من بينها كاميرتانِ تلفزيونيَّتان.

سابِرا ڤايكنغ

تستطيعُ السَّوابرُ الفَضائيَّةُ الدورانَ حَوْلَ الكوكب، كما تستطيعُ إنزالَ عربةِ هُبوطٍ على سَطْحِه. فخِلالَ السِّتينيَّاتِ والسبعينيَّاتِ من القرنِ العشرين أطلقَ الأمريكيّون والرُّوسُ، كِلاهُما، سوابرَ فضائيَّةً دارَتْ حَوْلَ المرِّيخ وحَطَّتْ عليه. وقد وضعَ السَّابرانِ ڤايكنغ «١» و «٢» بنجاحٍ عربتَي هُبوطٍ على المرِّيخ في شهرَي تمّوز وأيلول من عام ١٩٧٦. فأرسلتا كِلتاهُما إلى الأرض ما مجموعُه حوالى ٣٠٠٠ صورة. وقد أجرتا تحاليلَ لِتُربةِ المرِّيخ وسَجَّلتا قياساتٍ لأحوالِه الجوِّيَّة – كما تفحَّصتا اختباريًّا إمكانيَّةَ وُجودِ الحياةِ عليه.



لمزيدٍ من المعلومات أُنظُر

الرُّوبوطات ص ١٧٦
النِّظامُ الشَّمسيّ ص ٢٨٣
الشَّمس ص ٢٨٤
التِّلِسكوباتُ على الأرض ص ٢٩٧
التِّلِسكوباتُ في الفَضاء ٢٩٨
السَّواتِل (الأقمار الصناعيَّة) ص ٣٠٠

الإنسانُ في الفَضاء

كان السَّفَرُ عَبْرَ الفَضاءِ حُلْمَ الإنسانِ على مَدى قُرونٍ خَلَت، ولم يُصبِحْ هذا الحُلْمُ واقِعًا إلّا عامَ ١٩٦١ عندما انْطَلَقَ رائدُ الفَضاء الروسيّ، يُوري غاغارين، إلى الفَضاء ودارَ حَوْلَ الأرض. وتَوالى مُنذئذٍ انْطِلاقُ العديدِ من الرجالِ والنساءِ إلى الفَضاء بعضُهم يقضي فيه بِضعةَ أيامٍ وبعضُهم يَبقى عِدَّةَ شُهورٍ في كُلِّ مَرَّة. لكنْ يَظَلُّ الفَضاءُ بيئةً عِدائيَّةً خَطِرةً يَحتاجُ فيها الإنسانُ إلى بِزَّةٍ فضائيَّةٍ لِحمايتِه ولِتَوفيرِ الهواءِ لِتَنَفُّسِه. وإذا قُدِّرَ لِلإنسانِ أن يعيشَ ويعمَلَ في الفَضاء طويلًا وأن يهبِطَ على المِرِّيخِ في القَرْن الحادي والعِشرين فينبغي لنا تعَرُّفُ كُلِّ ما نستطيعُه عن الآثارِ التي تُخلِّفُها أسفارُ الفضاءِ الطويلةُ الأَجَل.



التدرُّبُ على الرِّحلاتِ الفَضائيّة

يُفترضُ في رائدِ الفضاء أن يتمتَّعَ بلياقةٍ بَدنيَّةٍ وعقليَّةٍ عالية. ويقومُ الرُّوّادُ بتدريباتٍ قاسيةٍ وطويلةٍ جدًّا في ظروفٍ وأحوالٍ تُشبِهُ مَثيلاتِها في الفَضاء. فهُم قد يُجرون التدريباتِ، مثلًا، في بِرَكٍ سِباحةٍ كبيرةٍ ليستشعروا ويَتعادوا حالةَ انْعدامِ الوَزْن. كما يرتدي الرائدُ بِزَّةً خاصّةً ويتدرَّبُ على المُهِمَّةِ التي سيَقومُ بها في الفَضاء.

المرأةُ في الفَضاء

هَيمَنَت الولاياتُ المُتحدةُ وما كان يُدعى الاتحادَ السوفياتيّ على مُختلف أنْشِطَةِ رِيادةِ الفَضاء خِلالَ العَقدَيْن الأوَّلَيْن من عَصْرِ استِكشافِ الفَضاء. ففي العام ١٩٦٣، أصبحت رائدةُ الفضاءِ الرُّوسيَّةُ، فالنتينا تريشكوفا، أوَّلَ امرأةٍ تنطلقُ إلى الفَضاء.

تحتَ الخُوذةِ قَلَنْسُوةٌ تحوي سمّاعتَي رأسٍ وميكروفونات لِلاتصال بالأرض وبالرُّوّاد في المَركبة.

فوقَ الخُوذةِ أضواءٌ تُمكِّنُ الرائدَ من الرؤيةِ جيّدًا

على كَتِفِ الرائدِ كاميرا تَلتقِطُ الصُّوَرَ خِلالَ تحرُّكاته.

النِّصفُ الأعلى من البِزَّةِ غِلافٌ صَلْدٌ من الزُّجاجِ الليفيّ.

الزِّيُّ الفَضائيّ

كان الرُّوّادُ الأوائلُ يرتدون بِزَّةً فضائيَّةً واحدةً لِلرِّحلة. أمّا اليومَ، فهم يرتدون ملابسَ تختلفُ باختلافِ ما يقومون به من مُهِمّات. فهناكَ بِزَّةٌ لِلسَّفَرِ ذَهابًا وإيابًا إلى الفَضاء، وملابسُ عاديَّةٌ مُصَمَّمةٌ خِصِّيصًا لِلارتداء داخِلَ المركبةِ الفضائيَّة، وهي في مَدارِها. وإذا اضطُرَّ الرائدُ لِلعمل خارجَ مركبتِه فهو يرتدي بِزَّةً تُدعى وَحْدةَ الحركةِ خارجَ المركبة، يُحزَمُ فوقَها وَحدةُ مُناورةٍ مأهولة تُمكِّنُه من التحرُّكِ بالدَّفعِ النافوريِّ حَوْلَ مَركبتِه.

وَحْدةُ مُناورة مأهولة

هذه الوحدةُ حِلبطٌ من جَعبةٍ ظَهريَّةٍ وكُرسيّ. وهي تَعمَلُ بالنِّتروجين ويُمكِنُ إعادةُ شَحْنِها من المركبةِ الفضائيَّة. يتحكَّمُ الرائدُ بِوَحدةِ المُناورة هذه من مِسْنَدَي الذِّراعَيْن. وكان الرائدُ الأمريكيّ، بْرُوس ماكاندلِس أوَّلَ من استخدمَها في شباط (فبراير) عام ١٩٨٤.

تُنظَّفُ البِزّاتُ الفضائيَّةُ وتُجفَّفُ بعد العودةِ إلى الأرض لتكونَ جاهزةً لرِحلةٍ أُخرى. ويُفترَضُ بقاءُ البِزَّةِ صالحةً لِلاستِخدام حوالى ٨ سنوات.

يرتدي رائدُ الفضاء كِساءً تحتيًّا مُجهَّزًا بأنابيبِ تبريدٍ مائيَّة.

في ٢٠ تموز (يوليو) عام ١٩٦٩، أصبح نيل أرمسترونغ أوّلَ إنسانٍ تطأُ قدماه سطحَ القَمَر، ثمّ لحِقَ به زَميلُه بَزْ ألدرين بعد ١٩ دقيقة.

تُوفِّرُ البِزّاتُ الفضائيَّةُ أكسجينًا نقيًّا ١٠٠٪ لِلتنفُّس.

تحتَ البِزَّةِ نبيطةٌ لتجميعِ البَوْل، تُفرَّغُ عند الرجوعِ إلى المركبة.

سَالي رَايد

كان الرُّوّادُ الأمريكيّون كُلُّهم من الذكور حتّى العام ١٩٨٣. وعندَ استِحداثِ برنامج المَكُّوكِ الفضائيِّ في السَّبعينيّاتِ من القرن العِشرين، سُمِحَ لِكلا الرجالِ والنساءِ التقدُّمُ بطلباتِ الانتِساب كَرُوّادِ فَضاء. وفي العام ١٩٨٣، أصبحت سَالي رَايد (المولودة عام ١٩٥١) أوَّلَ امرأةٍ أمريكيَّةٍ ترتادُ الفَضاء. وهنالك حاليًّا العديدُ من رائداتِ الفَضاء الأُخريات.

البعثاتُ القَمَريّة

أواخِرَ الخمسينيّاتِ من القَرْنِ العشرين، كان التنافُسُ شديدًا لِلسيطرة على الفَضاءِ بإرسالِ بَشَرٍ إليه - فكانت بِدايةُ عَصْرِ الفَضاء. في العام ١٩٦١، تعَهَّدَ الأمريكيّون بإنزالِ إنسانٍ على سَطحِ القَمرِ بنهايةِ العَقد، وهكذا كان. ففي العام ١٩٦٩، أصبح نيل أرمسترونغ أوَّلَ رجلٍ يمشي على سَطحِ القَمَر. وبين ١٩٦٩ و ١٩٧٢، كانت الحركةُ ناشطةً إلى القَمرِ ومنه، وقد قضى الرُّوّادُ خِلالَ تلك الفترةِ ما يُقارِبُ ٨٠ ساعةً على سَطحِه.

العَيْشُ في الفَضاء

تغيَّرَ السَّفَرُ عَبْرَ الفَضاءِ اليومَ عنْهُ أيامَ يُوري غاغارين - فغدا الروَّادُ، والعربةُ الفَضائيَّةُ في مدارِها، يرتَدون ثيابًا عاديَّةً ويأكلون وَجباتِهم المُفَضَّلة. وهم في غيرِ أوقاتِ العَمَلِ، يسترخُون لِسَماعِ الموسيقى المُسَجَّلةِ أو لقراءةِ كتابٍ مُختار؛ أو يقومون «بالأعمالِ المنزليَّة» مُداوَرةً. غَيْرَ أنَّ كُلَّ ذلك يَتِمُّ في حالةِ انعِدامِ الوَزْن؛ وفي هذه الحالةِ تتخاذَلُ العِظامُ والعَضَلات (لذا يتوجَّبُ على الرُّوَّادِ ممارسَةُ تمارينِهم الرياضيةِ يوميًّا). وقد لوحِظَ زوالُ تأثيراتِ انعدامِ الوَزْنِ على الجسْمِ البشريِّ بَعْدَ عَودةِ الرُّوَّادِ إلى الأرض؛ لكِنَّ العُلَماءَ ما زالوا يَرقبون تلكَ التأثيراتِ كُلَّما قضى الرُّوَّادُ فَتَراتٍ أطولَ فأطولَ في الفَضاء.

مُراقبةُ الروَّاد

في آذار (مارس) عام ١٩٩٢، عادَ رائدُ الفَضاءِ الرُّوسيّ سيرْجي كريكاليف إلى الأرضِ بعد أن قَضى ٣١٣ يومًا في الفَضاء؛ وقد أُخضِعَ لِفَحصٍ طِبِّيٍّ دقيقٍ فورَ عودتِه. والمعلومُ أنَّ الرائدَ قد يُعاني تباطُؤًا في نبضاتِ القلبِ ودُوارًا خِلالَ رِحلتِه الفَضائيَّة.



سيرْجي كريكاليف

يرتَشِفُ الروَّادُ السَّوائلَ بقَشّاتِ الشُّرب، لكنَّهم يتناولون الوَجَباتِ الخفيفةَ كالشوكولاتة والمُكسَّرات بطريقةٍ عاديَّة، ويُسخِّنُ وَجباتِهم في فُرنٍ قبلَ وَضْعِها في صوانيَ خاصَّةٍ تمنَعُ طُفُوَّها أثناءَ الأكل.

مع حركةِ الدورانِ المُستمِرِّ في الفَضاءِ، قد يُحِسُّ رائدُ الفَضاءِ بالغَثَيانِ والدُّوار.

في الفَضاء، يصعبُ التحكُّمُ في السَّوائل. لاحِظ (في الصورة) تكوُّنَ الماءِ في كُتلةٍ طافية.

انعِدامُ الوَزْن

شَدُّ جاذبيَّةِ الأرضِ المُستمِرُّ على أجسادِنا يُكسِبُنا وَزْنًا. لكِنَّكَ في مِصْعَدٍ هابطٍ بسُرعةٍ تُحسُّ بأنَّكَ أخفُّ وَزْنًا. وهذه الظاهرةُ تُضخَّمُ في مَركبةٍ فضائيَّةٍ هابطةٍ في مَجالٍ ثَقاليٍّ، إذْ يهوي الرُّوَّادُ في داخِلِها بالسُّرعةِ نفسِها فتنعدِمُ أوزانُهم. وتُجرَى التجاربُ على الحيوانِ والنباتِ في الفَضاءِ لدراسةِ تأثيراتِ انعدامِ الوَزْنِ عليها؛ كما تُجرَى تجاربُ علميَّةٌ مُعيَّنةٌ، لا يمكِنُ إجراؤها على الأرض.

مُعظَمُ الأغذيةِ منزوعُ الماء - فما على الرائدِ سوى إضافةِ بعضِ الماءِ قبلَ الأكل. وبعضُ المأكولاتِ الأُخرى محفوظٌ في عُلَبٍ من الصَّفيحِ أو في أكياسٍ لَدائنيَّةٍ كما هي الحالُ على الأرض. أمّا الطعامُ الطازَجُ فقد يُتاحُ فقط في بدايةِ الرِّحلة.

المَكُّوكُ الفَضائيّ

كانَ الرُّوَّادُ الأوائلُ يُرسَلون إلى الفضاءِ داخِلَ كَبسولاتٍ صغيرةٍ تُوضَعُ في مُقدِّمةِ الصواريخ، ثُمَّ يعودون بها إلى الأرضِ غَطًّا في البَحْر. فكانَتْ تلكَ البَعثاتُ الفَضائيَّةُ باهظةَ التكلفةِ إذ لا يُمكِنُ استخدامُ الصاروخِ إلّا مَرَّةً واحدة. أمّا اليومَ فيرتادُ الرُّوَّادُ الأمريكيُّونَ الفَضاءَ بواسطةِ المَكُّوكِ الفَضائيِّ، الذي يُمكِنُ إعادةُ استخدامِ أجزائِه الرئيسيَّةِ - كالعَربةِ المداريَّةِ الفَضائيَّةِ والصواريخِ المُعزِّزة. وتعودُ العربةُ المَداريَّةُ كالطائرةِ إلى الأرض، ويُمكِنُ استخدامُها تكرارًا.



بعْدَ الهُبُوط، تُجهَّزُ العربةُ بمُحرِّكاتٍ وَوقودٍ جديدةٍ إعدادًا للإطلاقِ التالي.

مُهِمّاتُ المَكُّوكِ الفَضائيّ

المَكُّوكُ الفَضائيُّ مُتعدِّدُ الاستعمالات؛ فيُمكِنُ استخدامُه في إطلاقِ السَّواتلِ وصيانَتِها أو إعادَتِها إلى الأرض. كذلك يُمكِنُ استخدامُ المَكُّوكِ كمُختبَرٍ فَضائيّ، أو في نَقْلِ قِطَعِ المَحطّاتِ الفَضائيَّةِ ليَتِمَّ تركيبُها في الفَضاء. وتستغرِقُ البَعثةُ المكوكيَّةُ حوالي سبعةِ أيام؛ وقد يبلغُ طاقَمُها من الرُّوَّادِ ثمانية.



تَترُكُ العربةُ المداريَّةُ مدارَها بالذَّيلِ أوَّلًا.

النِّظامُ الحراريُّ الواقي يُمكِّنُ العربةَ المداريَّةَ من احتمالِ درجاتِ الحرارةِ العاليةِ عند دُخولِها جَوَّ الأرض.

تنسابُ العربةُ المداريَّةُ (دونَ إعمالِ مُحرِّكاتِها) مُنحدِرةً نحو الأرض، وتحُطُّ على مَدْرجٍ كطائرةٍ عاديَّة.

تُوقَفُ العربةُ المداريَّةُ بمِظلَّتِها من الكوابح.

لمزيد من المعلومات انظُر

الجاذبيَّة ص ١٢٢
النِّظامُ الشَّمسيّ ص ٢٨٣
الصواريخ ص ٢٩٩
السَّواتل (الأقمار الصناعيَّة) ص ٣٠٠
السَّوابرُ الفَضائيَّة ص ٣٠١
المَحطّاتُ الفَضائيَّة ص ٣٠٤

المَحطّاتُ الفَضائيَّة

لم تَعُدِ الرِّحلاتُ الفَضائيَّةُ تقتصِرُ على إقامةٍ عابرةٍ، فباستِطاعة رُوّادِ الفَضاء اليومَ المكُوثُ في مَحطَّةٍ فَضائيَّةٍ، تدورُ حَوْلَ الأرض كَساتِلٍ كبير، مؤهَّلَةٍ لِعَيش الرُّواد والعَمل على مَتْنها، كبيتٍ وَمكتَب، لِفَترةٍ تمتدُّ أسابيعَ وشُهورًا. وسَتُستخدمُ المَحطّاتُ الفضائيَّة مُستقبلًا كفُندق يُعرِّجُ عليه الروّادُ قبلَ مُتابعةِ سفَرِهم عَبْرَ النِّظام الشَّمْسيّ أو قبلَ العَودَةِ منه إلى الأرض. وهيَ أيضًا مُهِمَّةٌ إذ يُمكِنُ، على مَتْنِها، إجراءُ التجارب في ظروفِ الجاذِبيَّةِ الصُّغْريَّة (شِبْه انعِدام الوَزْن) بإشرافِ عُلماءَ لا مَكنات - كما يستطيعُ الروّادُ إجراءَ التجاربِ على أنفُسِهم لاختِبار سُبُلِ ومَدى اضطلاعِ الجِسْمِ البشريِّ بأعباء العَيشِ في الفَضاء.

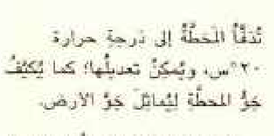
المُختَبرُ الفَضائيّ (سْكاي لاب)

ظَلّتِ المحطّةُ الفَضائيّةُ الأمريكيَّةُ الأولى «سْكاي لاب» على مَدى خمسِ سَنوات (١٩٧٣-١٩٧٨) نُزُلًا لِلرُّوّاد الزائرين. وهي باتِّساعها، كبيتٍ مُتوسِّط الحَجم، وفَّرَت لِلرُّوّاد بيئةً وظروفَ عَملٍ مُريحة لِلمرّة الأولى في الفَضاء.

مِير

أطلقَت المحطّةُ الفَضائيَّةُ الروسيَّةُ، مِير، في شُباط (فبراير) عام ١٩٨٦، وشَغَلها الرُّوّادُ بعدَ ذلك بثلاثةِ أشهُر. يَنتقِلُ الرُّوّادُ من المحطّة وإليها في مركَبةٍ فَضائيَّةٍ تَلْتَحِمُ بأحَد أبوابِ المحطّة السِّتَّة. وتتَّسِعُ المحطّةُ، مِير، لِطاقمٍ من سِتّةِ أفرادٍ لكنْ يُمكِنُ زيادةُ حَجْمِها بإضافةِ زُجْلاتٍ (وَحَداتٍ) جديدة، كالمُختَبرات، مثلًا، إلى الهيكلِ الأساسيّ. وفي العام ١٩٩٧ تعرَّضت مير لمشاكل بسبب اصطدام مَركبة تلاحُم بها، وقد يُقَصِّر ذلك من قُدرتها على الاستمرار طويلًا في مُهِمّاتها.





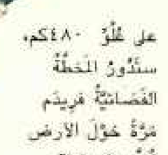
تُدفَّأُ المحطّةُ إلى درجةِ حرارة ٢٠°س، ويُمكِنُ تعديلُها؛ كما يُكيَّفُ جَوُّ المحطّةِ ليُماثِلَ جَوَّ الأرض.

التجارِب

عُلماءُ الكيمياءِ والبيُولوجيةِ والفيزياء سَيفيدون من وُجودِ مُختَبرٍ لهم في الفَضاء، يَتمكَّنون فيه من إجراءِ التجارِبِ في ظُروفِ الجاذبيّةِ الصُّغريّةِ حيثُ يُمكِنُهم مُعالجةُ بعضِ الموادِّ (كالعقاقير أو المُقوِّمات الكَهربائيّة) وإنتاجُها بمُستوًى من النَّقاوة لا يتوفّرُ على الأرض.

الحُرِّيَّة (فْريدَم)

تُخطِّطُ الولاياتُ المتَّحدةُ لإطلاقِ مَحطَّةٍ فَضائيّةٍ تُدعى فْريدَم، على أن يَنقُلَ المَكُّوكُ الفَضائيُّ قِطَعها إلى الفَضاءِ قِطعَةً قِطعة، ثُمَّ يَقومُ الروّادُ بتجميعِها. وستكون المحطّةُ المُجمَّعةُ أطولَ من مَلعبِ كُرةِ القَدَم، وسيتولّى شُؤونَها طاقمٌ دائمٌ من سِتّةِ رُوّاد.



المحطّاتُ الفَضائيّة

١٩٧١ أُطلِقَتْ ساليُوت، أوّلُ مَحطّةٍ فَضائيّةٍ روسيّة.

١٩٧٣ أُطلِقَتْ سْكاي لاب، أوّلُ مَحطّةٍ فَضائيّةٍ أمريكيّة.

١٩٨٠ سْكاي لاب تَعودُ إلى جَوِّ الأرض وتَتلَف.

١٩٨٣ أُطلِقَ سْپيس لاب، أوّلُ مُختبرٍ فَضائيٍّ مُصمَّمٍ لِهدفٍ مُعيَّن.

١٩٨٦ أُطلِقَتْ مِير، أكبرُ مَحطّةٍ فَضائيّة، من بيكونُور، في روسيا.

١٩٨٧ رائدُ الفَضاءِ الرُّوسيُّ يُوري رُومانِنكو يَعودُ من مِير إلى الأرض بعد تسجيلِه رَقمًا قياسيًّا للمُكوثِ في الفَضاء: ٣٢٦ يومًا.

صُورةٌ لِشواطِئ شَبْهِ القارّة الهندية التُقِطَتْ من المحطّة الفَضائيّة سْكاي لاب.

لمزيد من المعلومات انظر

الجاذبيّة ص ١٣٢
السّواتِل (الأقمار الصناعيّة) ص ٣٠٠
السّوابِرُ الفَضائيّة ص ٣٠١
الإنسانُ في الفَضاء ص ٣٠٢



الكائِنات الحَيَّة

الكائناتُ الحَيّةُ حَوالَيك في كُلِّ مَكانٍ تقريبًا. ففُتاتةُ خُبزٍ قد تَحمِلُ فُطرًا دقيقًا؛ ومِلعقةٌ من ماءِ النهر قد تُؤوي أشكالًا مُتعدِّدةً منَ الأحياءِ المِجهَريَّةِ المُختَلِفة. تَنتَشِرُ الكائناتُ الحَيّةُ عَبرَ مناطِقَ شاسعةٍ من اليابسة وفي المحيطاتِ بينها. حتّى في أشدِّ الأصقاع قَسْوَةً، كالصَّحارى الجافَّة اللاهِبة أو قِمَم الجبال القارسَةِ المُتجَمِّدة، توجَدُ بعضُ أشكالِ الحَياة وتتكاثَر. عِلمُ الأحياءِ (البيُولوجية) هو عِلمُ الكائناتِ الحيَّة، نباتاتٍ وحيَواناتٍ - المِجْهَريِّ مِنها والفائقِ الحَجْمِ الأضخَمِ مِنّا بكَثير. يَدْرُسُ البيُولُوجيُّون الكائناتِ الحيَّةَ لِيكتشفوا كيفَ تعمَلُ وكيفَ تترابَطُ مَعًا في نمطِ الحياةِ المُعَقَّد على الأرض.



المُتَعَضِّياتُ والأنواع

في مُصْطلَحِ البيُولوجيين، المُتعَضّي هُو أيُّ شيءٍ حَيّ. فالجُرثومُ والنَّبْتةُ والحَشرةُ، كما الكائنُ البَشريُّ، كُلُّها مُتعَضِّيات. والنَّوعُ مُصطلحٌ آخرُ يُستَعْمَلُ عادةً في عِلْمِ الأحياءِ ـ بمَعنى مَجموعةٍ من المُتعَضِّيات تستطيعُ التوالُدَ فيما بيْنها كالأُسُود أو النَّعام. فالمُتعَضِّياتُ الوارِدةُ أعلاه تنتمي إلى أنواعٍ مُختَلِفة، كُلٌّ منها يَستطيعُ التوالُدَ (التناسُلَ) مع أفرادٍ من نَوعه فقط، وليسَ مع أفرادِ أيِّ نوعٍ آخَر. والمُتَعَضِّياتُ تَعيشُ في الغالِبِ مُنفَصِلة، لكِنْ أحيانًا يَعيشُ أفرادُ النوعِ الواحِد ويَبقى التَّرابُطُ معًا في مُستَعمرةٍ (كجماعةٍ كبيرة).



بشّارات (فراشاتٌ لَيليّة) من الفصيلة آركتييدي

كيفَ يعملُ عُلماءُ الأحياء؟

خِلالَ القَرْنِ التاسِعَ عَشَر، كانَ العُلماءُ غالبًا يدرسون الحيواناتِ بَعدَ قَتْلِها وتجميعِها. فالفراشاتُ أعلاه هي جُزءٌ من مجموعةٍ نموذجيَّةٍ في مُتحَفٍ تحوي آلافَ العَيِّنات. إنَّ تجميعَ الكائناتِ الحيَّةِ قد يُوَفِّرُ مَعلوماتٍ مُفيدةً، لكنَّه يُلحِقُ ضَررًا بالغًا بالأنواع النادِرة. وحيثُ إنَّ عُلماءَ الأحياءِ حاليًّا، هم أكثرُ إدراكًا لِضرورةِ حِمايةِ البيئة، فهُم يَقضُونَ وقتًا أطولَ في دِراسةِ الحيواناتِ في مَواطِنها الطبيعيّةِ فيتعرَّفونَ الحيوانَ دُونَ إيذائه أو تغييرِ سُلُوكِه الطَّبيعيّ.



اِستِكْشافُ الطبيعة

كانَ العالِمُ الطبيعيُّ الإنكليزيّ، هِنري بيتس (١٨٢٥-١٨٩٢)، مِن أوائلِ العُلماءِ الأوروبيين الذين تَقصَّوا الحياةَ البريَّةَ في غاباتِ الأمازونِ المَطيرةِ في أمريكا الجَنُوبيَّة. وقد جمَعَ الكثيرَ من الأنواعِ الجديدة ودَرَسَ سُبُلَ تَنافُسِها للبقاء. ولا يزالُ العلماءُ اليومَ يكتشفون أنواعًا جَديدة. لكنْ في الوقتِ نَفْسِه، هناكَ أنواعٌ عديدةٌ آخِذةٌ بالانقِراض، بسببِ ما يُلحِقُه الإنسانُ مِنْ ضَررٍ بالبيئةِ الطبيعيَّة.




الحياةُ الخَفيَّة

مع أنَّ هذه النَّبْتةَ تبدو عَديمةَ الحياة، فهي في الواقعِ حيَّةٌ تَنمو وتتكاثَر. فالصُّخَيْرةُ الحيَّة (ليثوبس أوكامبي) كما تُسمّى هذه النَّبْتة، تنمو في المناطقِ الجافَّةِ من إفريقية الجَنوبيَّة، وهي تبقى مُستترةً مُمَوَّهةً مُعظمَ أيامِ السَّنة؛ لكِنَّها في مَوسِمِ التكاثرِ تُنبِتُ أزهارًا، زاهِيةَ اللَّوْن، تجتذِبُ الحَشَراتِ لِنَقْلِ غُبارِ الطَّلْعِ من نَبْتةٍ إلى أُخرى. وبَعْدَ التلقيحِ تُنتِجُ النَّبْتةُ بُزورًا.

فريدْريخ وُهْلَر

جميعُ الكائناتِ الحيَّةِ تحوي مُرَكَّباتٍ كربونيَّةً. وقد ظَلَّ مُعظَمُ العُلَماء حتَّى القَرْنِ التاسِعَ عشَر يَعتقِدون أنَّ المُرَكَّباتِ الكربونيَّةَ في الكائناتِ الحيَّةِ مُختَلِفةٌ عُضويًّا عن تلك اللاعضويَّةِ المُتواجِدةِ في الكائناتِ غيرِ الحيَّة. لكنْ في عام ١٨٢٨، دَحَضَ الكيماويُّ الألمانيّ، فريدْريخ وُهْلَر (١٨٠٠-١٨٨٢)، هذه الفِكرةَ التي كانت تُعرَفُ بالفاعليَّةِ الحَيَويَّة، عندما حَضَّرَ اليُوريا، المُرَكَّبَ الكربونيَّ البَوليَّ في الحيوان، من مُرَكَّبٍ يتواجَدُ فقطْ في المادَّةِ اللاعُضويَّةِ (غيرِ الحيَّة).

مِن خَصائصِ الحَياة

تُوجَدُ الكائناتُ الحيَّةُ في أشكالٍ وحُجومٍ كثيرةٍ مُخْتلِفة، تَتراوَحُ بين أشجارٍ يَزيدُ ارتفاعُها على عُلُوِّ مَبْنًى من ٢٠ دَورًا، وبين بَكتيرْيا أدَقَّ من أن تُرَى بالعَيْنِ المُجَرَّدة. تَقْضي النباتاتُ حياتَها مُسْتَقِرَّةً في المَوقعِ نَفْسِه، لكِنَّ مُعظَم الحيواناتِ يَجُولُ مسافاتٍ شاسِعَةً عَبْرَ الهواءِ أو على اليابِسَة أو في البِحار. ورُغمَ هذه الفَوارِق، تَتميَّزُ أشكالُ الحياة جَميعُها بِبَعضِ الخصائصِ المُهِمَّة - فكُلُّها تَغْتَذي بِمَوادَّ أوليَّة، إمَّا كنَوعٍ من الطعامِ أو كموادَّ أبْسَطَ تركيبًا. وكُلُّها تَسْتخدِمُ التَّفاعُلاتِ الكيماويَّةَ لِاستِخلاصِ الطاقةِ من هٰذه المَوادّ؛ وكُلُّها تُنْتِجُ فَضَلاتٍ في هذه التفاعُلات. والطاقةُ التي تحصُلُ عَلَيها هذه الكائناتُ تُمكِّنُها من النُّمُوِّ والتَّناسُلِ والاستِجابةِ لِمُؤثِّراتِ البيئة من حَوْلِها.



الحياةُ النَّباتيَّة

النباتاتُ مُسْتَقِرَّةٌ في مَواقِعِها، لكِنَّها حيَّةٌ كسائرِ الكائناتِ الحيَّة. فشَجرةُ البَلُّوط، مثلًا تَستمِدُّ الطاقةَ من ضَوءِ الشَّمْس، وتُخلِّقُ بها غِذاءً تَستَخْدِمُه في النُّمُوِّ والتكاثُر. ومع أنَّ الشَّجرةَ عديمةُ أعضاءِ الحِسِّ الخاصَّة، فإنَّها قادِرةٌ على استِبانةِ الضوءِ والاستِجابةِ له.

التفاعُلاتُ الكيماويَّةُ داخِلَ جِسمِ الفارةِ تُوَفِّرُ لها طاقةَ التحرُّكِ والدِّفء.



الحياةُ العوالِقيَّة

مُعظَمُ أشكالِ الحياةِ أصغَرُ حَجمًا من البَشَرِ بكثير. هٰذهِ المُتَعضِّياتُ العوالِقيَّةُ الدقيقة تَنْجَرِفُ مع التيَّارات في عُرْضِ البَحر. ورُغمَ أنَّ المُتَعضِّيَ الواحِدَ منها بالِغُ الصِّغَر وضالَةُ الوَزْن فإنَّ وَزْنَها مُجْتَمِعةً يُقَدَّرُ بملايينِ الأطنان.

تَسْتخدِمُ صِغارُ الفِئرانِ طاقةَ الطَّعامِ ومُغَذِّياته لِتَنْمُو.

أثناءَ التنفُّس، تأخُذُ الفارةُ الأُكسِجينَ وتَزْفِرُ ثاني أُكسيد الكربون كمادَّةٍ فَضَلاتيَّة.

تَستخدِمُ الفارةُ الأُنثى طاقةَ الطعامِ ومُغذِّياته (الموادَّ الأوليَّة) لإنتاجِ اللبَنِ لِصِغارِها.

خَصائصُ الحياة

المُهِمَّةُ اليوميَّةُ المُلِحَّةُ لَدى هٰذه الفِئرانِ هي إيجادُ الغِذاءِ لِتَزويد أجسادِها بالطاقة. وهيَ تَستَخدِمُ حواسَّها لِتَقصِّي ما يُمكِنُها أكْلُه ولاجتِنابِ الخَطَر. يتأكسَدُ الطَّعامُ في خلايا جَسَدِ الفارةِ فتَحْصُلُ على الطاقة، ويَنْتُجُ ثاني أُكسيد الكربون كمُنتَجٍ فَضَلاتيّ. وتفيدُ الفارةُ مِنَ المُغَذِّياتِ في الطعامِ لِبِناءِ خلايا وأجزاءٍ جَسَديَّةٍ جديدة. وفي غُضون سِتَّةِ أسابيعَ من وِلادتها تَبْلُغُ الفارةُ مَرحلةَ النُّضْجِ والتكاثُر.

مَكَنةٌ عَديمةُ الحياة

تتصرَّفُ الرُّوبوطاتُ أحيانًا كأنَّها حيَّةٌ، لكنَّها في الواقِع مَكَناتٌ مُعقَّدةٌ لا حياةَ فيها. صحيحٌ أنَّها تستطيعُ استِخْدامَ الطاقةِ لِلتحرُّك، لكِنَّ الروبوط لا يَستطيعُ الحُصولَ على تلكَ الطاقةِ ذاتيًّا - بَلْ يَعتمِدُ على الإنسانِ لِتوفيرِها له. كذلك فإنَّ الرُّوبوط لا يَنمُو ولا يَتوالَد؛ وهو، بِدُونِ صِيانةٍ مُنتظِمةٍ، مآلُه إلى البِلَى والتفكُّك.



شَكْلُ الرُّوبوط ثابِتٌ - لا يَنْمُو ولا يتطوَّرُ دُونَ عَمَلِ الإنسان.

لمزيد من المعلومات انْظُر

التَّخليقُ الضَّوئيّ ص ٣٤٠
الغِذاء ص ٣٤٢
التَّنفُّسُ الخَلَويّ ص ٣٤٦
البيئةُ الباطِنيةُ في الأحياء ص ٣٥٠
النُّمُوُّ ومَراحِلُه ص ٣٦٢
التكاثُرُ اللاَّجِنسيّ ص ٣٦٦
التناسُلُ الجِنسيّ ص ٣٦٧

نِظامٌ من الشَّواش

يَرْتَخي نابِضُ الدُّمْيَة تَدريجيًّا، فيَنْبَغي إعادةُ شَدِّه بِتَدويرِ مِفتاحِه. وقد تَصْدأُ الدُّميةُ أو تتكسَّرُ بعدَ بِضعِ سَنَوات. فهٰذا من طَبيعةِ الكائناتِ اللاَّحيَّة. أمَّا الكائناتُ الحيَّةُ فتعمَلُ بطريقةٍ مُختلِفة - فهيَ تأخذُ الطاقةَ وتَستخدِمُها في بِناءِ بُنًى مُعَيَّنةٍ كالخلايا والمَحار. وهٰذه القُدْرَةُ على خَلْقِ نِظامٍ مُعيَّنٍ من شَواشٍ خاصَّةٌ فريدةٌ تتميَّزُ بها الكائناتُ الحيَّة، وهي تَفقِدُها طبعًا بالموت.



هذه الصَّدَفةُ كانتْ بيتًا لِنُوتيٍّ صَدَفيّ - وهو حَيَوانٌ بحريٌّ من الرَّخَويَّات. فمع نُمُوِّ الحيوان تتنامَى مَحارتُه أيضًا بإفرازه الكالسيُوم؛ وهذا يتبلْوَرُ تدريجيًّا لتكوينِ صَدَفةٍ جديدة.

بداياتُ الحَياة

وُجِدَ كوكبُنا الأرضيُّ منذُ حوالَى ٤٥٠٠ مليون سَنة؛ وفي سِنيِّها الأُولى، كانت الأرضُ حارَّةً جدًّا ومَحفوفةً بالمخاطِرِ لا يُمكِنُ لكائنٍ حيٍّ العيشُ فيها. فقد كانت تَقْصِفُها الرُّجُمُ والنَّيازِكُ، وتُمَزِّقُها الاِنفِجاراتُ البُركانيَّة. وحينَ أخذَتِ الأرضُ تَبْرُدُ صارَ سَطحُها أهدأَ، فتكوَّنت الغُيومُ، من بُخارِ الماءِ في الجَوِّ - الذي ابتعثَتْهُ الثَّوَراناتُ المُسْتَمِرَّة، وهَطَلَتِ الأمطار. وفي ذاكَ الماءِ ظهَرتِ الحياةُ مُنذ أكثَرَ من ٣٥٠٠ مِليون سنة. بعضُ الناسِ يَعتقدونَ بخُصوصِيَّةِ خَلْقِ مُختلِفِ الكائناتِ الحيَّة، أي، إنَّ كُلَّ نوعٍ حَيٍّ قد خُلِقَ خَلْقًا خاصًّا. لكِنَّ مُعظَمَ العُلماءِ يقولون بنشوءِ الحياة عَبْرَ سِلْسِلَةٍ من التفاعُلات الكيماويَّة التي حدثَتْ اِتفاقًا؛ وعلى مَدى مَلايين السنين، بَنَتْ تلكَ التفاعُلاتُ، بِبُطءٍ شديدٍ، كائناتٍ حَيَّةً من موادَّ كيماويَّةٍ بسيطة.

أقدَمُ أشكالِ الحياة

هٰذه الطَحالِبُ الخَضراءُ المُزْرَقَّةُ البسيطةُ الشبيهةُ بالنباتات تُسمَّى سِيانوبكتيريا. وهي تَستوطِنُ عادةً المِياهَ الضَّحلَةَ وتَصنَعُ غِذاءَها بالتَّخليقِ الضَّوئي. وقد وَجَدَ الجيولوجيُّون جَدائلَ أُحفوريَّةً من هذه البكتيريا يَعودُ تاريخُها إلى ٣٥٠٠ مِليون سنة - مِمَّا يُشيرُ إلى أنَّ أشكالَ الحياةِ هذه كانَتْ بين الأقدمِ على الأرض.

يُوريا، مُنْتَجٌ فَضَلاتيٌّ معروفٌ لِلكائناتِ الحيَّة.

حامضُ الغْـلُوتاميك، حامضٌ أمينيٌّ تستخدِمُه الكائناتُ الحيَّةُ لِبناء البروتينات.

أمونيا

هِدْروجين

ميثان

ماء

النَّتائج

بَعْدَ مُواصَلةِ التَّجربة لِمُدَّةِ أسبوعٍ وَجَدَ يُوري وميلَر أنَّ عِدَّةَ موادَّ جديدةٍ مُعَقَّدةٍ قد تكوَّنَتْ، بينها بعضُ الأحماضِ الأمينيَّة. هذه الأحماضُ هي كيماويَّاتٌ مُهِمَّةٌ تَترابَطُ مَعًا فتكَوِّنُ البروتيناتِ - التي هي وَحَداتُ بِناءِ الحياة.

وُضِعَ مَزيجُ الماءِ والميثانِ والأمونيا والهِدْروجين في وِعاءٍ وشُدَّ بإحكام.

الطاقةُ الناتجةُ عن الشَّرارات الكهربائيَّة سبَّبَتْ تفاعُلَ الكيماويَّاتِ في الوِعاء بَعْضِها مع بعض.

مُقَوِّماتٌ أوَّلِيَّة

كانت بِحارُ وأجواءُ الأرضِ الباكرةُ تحوي كيماويَّاتٍ بَسيطةً كالماء والميثانِ والأمونيا والهِدْروجين. وفي تجربتِهما الشهيرةِ وَضَعَ يُوري وَميلَر مَزيجًا من هذه الكيماويَّات في وِعاءٍ شُدَّ بإحكام. وكانَ هدفُهُما مَعرفةَ ما قَدْ يَحدُثُ عندما تَتفاعَلُ تلك الكيماويَّاتُ بَعضُها مَعَ بعض.

المُرَكَّبُ الكيماويُّ الأصليُّ يَجْتَذِبُ كيماويَّاتٍ أُخرى ويَتفاعَلُ معَها.

بَعْدَ عِدَّةِ تفاعُلات، تتكوَّنُ نُسْخَةٌ من المُرَكَّبِ الكيماويِّ الأصليّ.

التكاثُرُ الكيماويّ

قد تكُونُ الحياةُ بَدأت بطريقةٍ بسيطةٍ؛ كأن يكُونَ مُرَكَّبٌ كيماويٌّ دخلَ اتفاقًا في سِلْسِلَةٍ من التفاعُلاتِ أنتجَتْ نُسْخَةً مَثيلةً له، وأنَّ هذه النُّسْخَةَ، عَبْرَ تفاعُلات مَثيلةٍ، كرَّرت انتِساخَ نَفْسِها أيضًا. فيكُونُ المُرَكَّبُ الكيماويُّ بِذلك قد تمكَّنَ من التكاثُر - الذي هو من خصائص المادَّةِ الحيَّة!

مَهْدُ الحياة

تَصوَّرْ أنَّ كوكبَ الأرض الناشِئَ كان مُغَطًّى بمُحيطاتٍ تحوي كيماويَّاتٍ بسيطةً، وأنَّ طاقةَ ضوءِ الشَّمْس وشَرَرَ التفريغِ البَرْقيِّ جَعلتْ تِلك الكيماويَّات تتفاعَلُ بعضُها مع بَعض. ولعلَّ تلكَ التفاعُلاتِ مع الزَّمنِ خَلَقَتْ كيماويَّاتٍ يُمكِنُها اِنتِساخُ ذاتِها، أو تكوينُ أغشِيَةٍ تحميها من العالَمِ الخارجيّ. في العام ١٩٥٣، أخضَعَ الكيماويَّانِ الأمريكيَّانِ هارولد يُوري وستانلي ميلَر هٰذه الفِكرةَ لِلتجربة، فتبيَّنَ لُهما إمكانيَّةُ ابْتِناءِ الموادِّ المُعَقَّدةِ التركيب من موادَّ بسيطةٍ.

حياةٌ من حياة

فِيما مَضَى، اعتقَدَ بَعْضُهم أنَّ كائناتٍ حَيَّةً يُمكِنُ أن تتولَّدَ فَجاةً من موادَّ عَديمةِ الحياة. فكانوا يَظُنون، مَثلًا، أنَّ يَرَقاناتِ الذُّبابِ تَنشَأُ من اللَّحْمِ الفاسِد، لكِنَّ التجاربَ التي أجراها كُلٌّ من العالِمِ الإيطاليِّ لازارُو سْبَلانْزاني (١٧٢٩-١٧٩٩) والعالِم الفرنسي لويس باسْتور (١٨٢٢-١٨٩٥)، أثبَتَتْ خَطأَ ذلكَ الظَّن. فالكائناتُ الحَيَّةُ، كما نَعْرِفُها اليومَ، تتكَوَّنُ دائمًا بالتوالُد.



تضعُ الذُّبابةُ الزرقاءُ (كاليفورا فُوميتُوريا) بيُوضَها على اللَّحم، فتَضْمَنُ لِيَرقاناتِها، عِندما تَفْقِسُ، مُؤُونةً وافرةً من الغِذاء.

هذا الرَّجْمُ الحديديُّ سَقَطَ من الفَضاءِ مُنْذُ ٢٠,٠٠٠ سنة.

الحياةُ في كواكبَ أخرى

إذا كانت الحياةُ قد نَشأت اتفاقًا على الأرض بتَفاعُلاتٍ كيماويَّةٍ طارِئةٍ، فمِنَ المُمكِنِ أن تكُونَ قد نَشأَتْ في أماكِنَ أُخرى من الكَوْنِ بالطريقةِ نَفْسِها. فالحياةُ على الأرضِ عِمادُها المُرَكَّباتُ الكربونيَّةُ كالأحماضِ الأمينيَّة. وقد وَجَدَ العُلماءُ مَقاديرَ ضئيلةً من هٰذه الأحماضِ في بعضِ الرُّجُم. كما اكتشفَ الفَلَكيُّون كيماويَّاتٍ أبسَطَ عِمادُها الكربون في الغُبارِ المُنْتَثِرِ عَبْرَ الفَضاء.

لمزيدٍ من المعلومات انظر

الكَرْبون ص ٤٠
الهِدْروجين ص ٤٧
الأرض ص ٢٠٩
الخَلايا ص ٣٣٨
التَّخليقُ الضَّوئيّ ص ٣٤٠
الوِراثيَّات ص ٣٦٤

التطوُّر (النُّشوءُ بالتحوُّلِ العُضْويّ)

نحنُ لا نَستطيعُ العَودةَ بالزَّمنِ مئاتِ ملايينِ السِّنينَ إلى الوراءِ لِنَرى كيف كانَتِ الكائناتُ الحيَّة. لكِنْ بإمكاننا تعرُّفُ الكثيرِ عن الماضي السحيقِ بدراسة الأحافيرِ. فالأُحفُورةُ تتكوَّنُ بِانطمار الكائنِ الحيِّ تحتَ الوحولِ والأَتْربة، فتَنْحلُّ أجزاؤه الطريَّةُ، نباتًا كانَ أم حيوانًا ولا يبقى منها أيُّ أثر. أمَّا الأجزاءُ الصَّلْدةُ كالسُّوقِ والعِظام والأسنان والصَّدفِ فتتحجَّرُ بِبُطءٍ شديد. وتُبَيِّنُ الأحافيرُ من شَتّى أقطارِ العالَم أنَّ الكائناتِ الحيَّةَ قد تغيَّرت تدريجيًّا على مَرِّ ملايينَ عديدةٍ من السِّنين. فبعضُ الأنواعِ انقرضَ، وتَنَشَّأَتْ أنواعٌ جديدةٌ من أنواعٍ أقدمَ في عمليَّةِ تغيُّرٍ بطيءٍ تُدعى التَّطوُّر.



حَلْقَةٌ بين الزَّواحفِ والطيور

يُعثَرُ في النادرِ على أُحفُورةٍ تُبيِّنُ كيفيَّةَ تنشُّوءِ فِئةٍ رئيسيَّةٍ من الكائناتِ الحيَّة من فِئةٍ أُخرى. من نَوادرِ الأحافيرِ هذه الأركيُوپتريكس «تعني اللفظةُ الجَناحَ القديم». وتُبيِّنُ الأحفورةُ حيوانًا ذا خَراشفَ وأسنانٍ كالزواحِف، وريشٍ كالطيور. من ذلك يَستنتجُ البيولوجيُّ، بِشِبْهِ اليقينِ، أنَّ الطيورَ قد تطوَّرتْ من الزَّواحِف.

سجِلٌّ أُحفوريّ

وُجِدَتْ أُحفُورةُ الأركيوپتريكس هذه في ألمانيا عام ١٨٦١. ويبدو أنّه تطوَّرَ من دَيْنُوصوراتٍ صغيرةٍ كانت تسيرُ على قائمتَين.

تطوُّرُ الحِصان

تُبيِّنُ الشواهِدُ الأُحفوريَّةُ أنَّ الحِصانَ المُعاصِرَ قد تَطوَّرَ من أسلافٍ أصغرَ كثيرًا ذاتِ نَمطِ عَيشٍ مُختلفٍ تمامًا. حَجْمُ الحِصانِ القديم، هَيراكُوثيريُوم، كان بحَجْمِ كَلْبٍ صغير، وكانَ رُباعيَّ الأصابعِ في حافِرَيِ القدمَيْنِ الأماميَّتَيْنِ يَعتاشُ بِرَعْيِ أوراقِ الشجر. وعلى مدَى ملايينِ السِّنين، تزايدَ حجمُ سُلالاتِه وتحوَّلَ غِذاؤُها من وَرَقِ الشَّجرِ إلى الأعشاب. كما طالَتْ أرجلُها وقلَّتْ أصابعُ الحافرِ فيها؛ ويَسَّرَ لها ذلك سُرعةَ الهُروبِ من أعدائها في السُّهوبِ المكشوفة.

عاشَ الهيراكوثيريوم منذُ أكثرَ من ٥٠ مليونَ سنةٍ. ولعلَّهُ كانَ يلجأُ إلى الاختباءِ من أعدائه لِصغَرِ حجمِه وعَجْزِه عن سُرعةِ العَدْو.

الميزوهيبُّس عاشَ منذُ حوالى ٣٠ مليون سنة وكانت قوائمُه أطولَ وقدماهُ الأماميَّتان ثُلاثيَّةَ الأصابع.

ظهرَ المِريكيپُّس، أوَّلُ الخَيلِ العاشِبة، منذُ حوالى ٢٠ مليون سنة، وكان ثُلاثيَّ أصابعِ الحافرِ أيضًا – لكنَّ إحداها اتَّخذتْ شكلَ حافرٍ كبير.

إيكُوُس، الحِصانُ المُعاصِر تَنشَّأَ منذُ حوالى مليونَي سنة، وكان عاشِبًا أيضًا؛ ذا حافرٍ أحاديِّ الإصبع.

نَمَطٌ مُشْتَرك

يَعمَلُ التطوُّرُ على مُهايأةِ أشياءَ مُتواجِدةٍ قَبْلًا. فقد يتطوَّرُ أحدُ الأنواعِ إلى أنواعٍ أُخَر، مُختلفةٍ شكلًا، لكنّها تشتركُ في النَّمطِ الأساسيِّ ذاتِه. واللَّبُونات (الثديِيَّات) مَثَلٌ جيِّدٌ على ذلك؛ فأطرافُها الأماميَّةُ مُتعدِّدةُ الأشكالِ والأحجام تقومُ بِوظائفَ مُختلفةٍ – من السِّباحة إلى الطَّيران. لكنَّ البِنْيةَ الأساسيَّةَ لها جميعًا مُتماثلةٌ، ممّا يُوحي بأنَّ اللَّبوناتِ قد تطوَّرتْ من سَلَفٍ مُشترك.

جَناحُ الخُفّاش يحوي مجموعتَيْن من عِظام «الذِّراع»، ويَنبسِطُ بخَمسِ مجموعاتٍ من عِظام «الأصابع» الطويلة.

زِعنفةُ الدُّلفينِ الأماميَّةُ تحوي مجموعتَيْن من عِظام «الذِّراع» وخمسَ مجموعاتٍ من عِظام «الأصابع».

الذِّراعُ البشريَّةُ تحوي مجموعتَيْن من العِظام الطويلة، وتتألَّفُ اليدُ من خمسِ مجموعاتٍ من عِظامِ الأصابع.

جورج لويس بُوفون

في القَرْنِ السابعَ عشَرَ، كان الاعتقادُ السائدُ أنَّ لِلكائناتِ الحيَّةِ خُصوصيَّةَ الخَلْق؛ وأنَّ كُلَّ نوعٍ من النباتِ أو الحيوانِ ذو خصائصَ ثابتةٍ لا تتحوَّل. وهو رأيٌ لا يزالُ بعضُ الناسِ يقولونَ به. وكان الكونْتُ الفرنسيُّ، جورج لويس بُوفون (١٧٠٧-١٧٨٨)، العالِمُ الطبيعيُّ الثريُّ، من أوائلِ المُشكِّكين بِفِكْرةِ الخَلْقِ الخاصِّ خِلالَ أبحاثٍ أجراها تمهيدًا لِمُؤلَّفِه «التاريخ الطبيعيّ» في ٤٤ مُجلَّدًا. فهو ارتأى حَتميَّةَ أنَّ بعضَ أنواعِ النباتاتِ والحيواناتِ أنتجَتْ أنواعًا أُخرى؛ فكانَ بذلكَ من أوائلِ مَن كتَبوا في موضوعِ النُّشوءِ والتطوُّر.

لمزيد من المعلومات انظر
الأحافير ص ٢٢٥
آليَّةُ التطوُّر ص ٣٠٩
تصنيفُ الكائنات الحيَّة ص ٣١٠
الزَّواحِف ص ٣٣٠ ، الطُّيور ص ٣٣٢
الوراثيّات ص ٣٦٤
حَقائقُ ومَعلومات ص ٤٢٠

آليَّةُ التطوُّر

لماذا تَتغيَّرُ النباتاتُ والحيواناتُ بِبُطءٍ من جِيلٍ إلى جيل؟ لقد جاء الجَوابُ عن هذا التساؤلِ مُتوافِقًا من عالِمين بيولوجيين، توَصَّلا إليه مُستقِلَّين في القرن التاسعَ عشَر، هُما تشارلْز داروين وألفريد راسِل والاس. فقد عَرَفا أنَّ أفرادَ النَّوعِ الواحد تَتَبايَنُ قليلًا فيما بينها، وأن هذه التبايناتِ يُمكن أن تنتقِلَ إلى الجيل التالي. ولم تغِبْ عنهما حقيقةُ أنَّ أفرادَ النوعِ الواحد، كما سائرُ الكائناتِ الحيَّة، تتنافَسُ على الموارِدِ الضروريَّة، كالطعام، من أجل البَقاء. وأنَّ الخلَفَ ذا التغيُّراتِ الأكثرِ مُلاءَمةً لِلبيئةِ هُو الأوفرُ حَظًّا بالبقاء والتناسُل. وهكذا يتطوَّرُ النَّوعُ، بالانتِخابِ الطبيعيّ، لِيُصبحَ أكثرَ مُلاءَمةً لِبيئتِه وطرائقِ عَيشِه.

شُرْشُور الشَّوكة يَثبِّتُ شوكةَ صبّارٍ في مِنقاره لالتِقاط الحَشَرات من بين شُقوق اللِّحاء.

الشُّرْشورُ الصّادح ذو المِنقار الحادّ المُستدِقّ الطَّرف يقتصِرُ غذاؤه على الحَشَرات.

الشُّرْشورُ الأرضيُّ الكبير يَغتذي غالبًا بالبُزور الكبيرة، يَستخرِجُها من أغلِفتها بمِنقاره الغليظ.

شُرْشورُ الشَّجر الصغيرُ يَغتذي بالحَشَرات التي يلتقِطُها بمِنقاره الدقيق.

شُرْشورُ الصَّبّار الأرضيّ حادُّ المِنقار يغتذي بالبُزور غالبًا مع بعض الحَشَرات.

شُرْشورُ الشَّجرِ ذو المِنقارِ الأعقف نباتيٌّ يغتذي ببراعم الشجر وأوراقها.

شُرْشُوريّات غلاپاغوس

خِلالَ رِحْلةٍ حَوْلَ العالَم، استغرقَت ٥ سنوات على متْنِ الباخرة البيغِل، جالَ تشارلز داروين، عام ١٨٣٢، في جُزُر غلاپاغوس النائية بعيدًا عن السّاحل الغربيّ لأمريكا الجنوبيّة، حيث شاهدَ العديدَ من الحيوانات الفريدةِ بما فيها ١٣ نوعًا من طائر الشُّرْشور. درسَ داروين هذه الأنواعَ في مُختلِفِ الجُزر بعنايةٍ مُلاحِظًا نِقاطَ الشَّبه والاختِلاف فيما بينها. فتوضَّحتْ له فِكرةُ تَحدُّرِها من أصْلٍ واحد جاءَها من البَرّ الرئيسيّ. فالشُّرْشورُ الأصليُّ كان يغتذي بالبُزور ويَدْرُجُ على الأرض، لكنَّ أنسالَه طوَّرتْ أشكالَ مَناقيدَ مُختلفةً وأساليبَ عيشٍ مُتباينة، بحيث إنَّ آكلاتِ البزور أصبحتْ مناقيدُها كبيرةً وقويّة، بينما آكلاتُ الحَشَراتِ غدَت مناقيدُها رفيعةً مُستَدِقَّةَ الطَّرف.

تشارلْز داروين وألفريد راسِل والاس

خطرتْ نظريَّةُ الانتِخابِ الطبيعيّ، أو بَقاءِ الأصلح كما تُسمَّى أحيانًا، لِكُلٍّ من داروين (١٨٠٩-١٨٨٢) ووالاس (١٨٢٣-١٩١٣). وقَبْلَ نَشْرِ أعمالِهما عامَ ١٨٥٨، اعتقدَ الكثيرون أنَّ النباتاتِ والحيواناتِ تتطوَّرُ بتغيُّراتٍ خِلالَ حياتِها؛ وأنَّ هذه التغيُّراتِ المُكتسبة تنتقِلُ من جيلٍ إلى آخر فتُحدِثُ التطوُّر. غير أنَّ داروين ووالاس قدَّما بيِّناتٍ تدعَمُ نظريَّةَ الانتخابِ الطبيعيّ. وفي العام ١٨٥٩، لخَّصَ داروين نظريَّتَه في كتابه «أصل الأنواع»، الذي لا يزالُ من أهمّ الكُتُبِ الرائجة.

والاس

داروين

تنازُعُ البَقاء

وضَعت هذه العَنكَبةُ مِئاتِ البُويضات، لكنَّ صغارَها لم تَسْلم جميعُها وسيموتُ الكثيرُ منها قبلَ أنْ تتمكَّنَ من التناسُل. ولولا تنافُسُ العُنَيكِباتِ على الطعام والمأوى، اللامُتوافِرَيْن بسُهولة، لكانت العناكِبُ اكتسحتِ العالَم.

عنكبةٌ تحمِلُ صغارَها على ظهرِها

تطوُّرُ البُرغوث

الانتِخابُ الطبيعيُّ لا يجعلُ الأشياءَ أكبرَ أو أكثرَ تعقيدًا دائمًا، فكثيرًا ما يَنكفِئُ في أنحاءٍ مُغايِرة. ففي زمنٍ قديم، طوَّرَ أسلافُ البراغيثِ أجنحةً؛ لكنَّ هذه الأجنحة لم تُفِد البراغيثَ ولا لاءمتْ طرائقَ عيشِها؛ ونتيجةً للانتِخاب الطبيعيّ، فقدَت البراغيثُ أجنحتَها مُستعيضةً عنها بتطوير قوائمَ خلفيَّةٍ قويَّةٍ تُمكِّنُها من القَفْزِ على مَتْنِ عائلِها.



بُرغوثُ الأرانب (شيبيلوپْسيلُس كونيكولي) يغتذي بدَمِ الأرنب.

تقليماتُ البِتونيا هذه حدثتْ بالانتِخاب الاصطناعيّ.

الانتِخابُ الاصطناعيّ

لا تحدُثُ التغيُّراتُ ضِمنَ النّوعِ طبيعيًّا دائمًا، فالنُّطَقُ اللّونيةُ على هذه الأزهارِ هي تقليماتٌ اصطناعيّة - نتجتْ بتعريض النبتة للأشِعَّةِ السِّينيَّة. هذه الأشِعّةُ غيَّرت التركيبَ الجِينيّ (الوراثيّ) في النبتة بحيثُ انتقلت هذه النُّطَقُ اللونيّةُ إلى الجيل التالي؛ ويُمكِنُ تكثيرُ هذه الخاصيَّةِ المُخطَّطةِ باستِنبات هذه النَّبتات بالتأبير الاصطناعي. إنّ العملَ على نَشْرِ التغيُّراتِ النباتيَّةِ والحيوانيَّةِ هكذا هو انتِخابٌ اصطناعيّ.

لمزيدٍ من المَعلومات انْظُر

الطيور ص ٣٣٢
الحَرَكة ص ٣٥٦
الوِراثِيّات ص ٣٦٤
التناسُل الجنسيّ ص ٣٦٧
الصَّحاري ص ٣٩٠
حَقائقُ ومَعلومات ص ٤٢٠

تَصْنيفُ الكائناتِ الحَيَّة

قَبْلَ أن تُصبحَ البيولوجية عِلْمًا بوقتٍ طويل، استخدَمَ الناسُ أسماءً عاديَّةً لِلنباتات والحيواناتِ المألوفة كانت غالبًا تَصِفُ مَظْهرَ الشيءِ ومَكانَ تواجُدِه ومجالَ استخدامه. لكنَّ هذه التسمياتِ لا تُناسِبُ العُلماءَ لأنَّها تختلفُ من لُغَةٍ إلى أخرى. وحتّى في اللغة ذاتِها تُطلَقُ عِدَّةُ أسماءٍ على بعضِ الكائناتِ بينما البعضُ الآخَرُ لا اسمَ له. في القَرْنِ الثامِنَ عَشَر ابتدعَ عالِمُ النباتِ السّويديّ لينّيوس طريقةً لِتسمية الكائناتِ الحيَّةِ وتصنيفِها في مجموعات. وفي نظامِه التصنيفيِّ الثُّنائيِّ التسمِيَة أصبحَ لِكُلِّ نوعٍ اسمٌ خاصٌّ به، يُمَيِّزُه، وأيضًا يُبيِّنُ مَوقِعَهُ في عالَمِ المُتعضِّيات الحيَّة.

عالَمُ (أو مَملكةُ) الحيَوان

عالَمُ الحيَوان، أحدُ خَمسِ مَجموعاتٍ رئيسيّة من الكائنات الحيَّة، يَشْمَلُ حوالى ٣٠ قِسمًا يُدعى كُلٌّ منها شُعبة. بعضُ هذه الشُّعَبِ يَضُمُّ كثرة من الأنواع، بينما يحوي البعضُ الآخَرُ قِلّةً فقط. القوقعُ الروماني، مثلًا، ينتمي إلى شُعبةِ الرَّخويّات.

هذا المُخَطَّطُ يُبيِّنُ بعضَ الشُّعَبِ في مملكة الحيوان.

شُعبةُ الرَّخويّات

تَضُمُّ شُعبةُ الرَّخويّات حوالى ٩٠،٠٠٠ نوع ممّا يجعلُها إحدى أكبرِ الشُّعَبِ في عالَمِ الحيَوان. تُلَفُّ جِسمَ الحيَوانِ الرِّخْوِ طبقةُ الدِّثار التي تُفرِزُ صَدَفةً صُلْبةً في بعضِ الأنواع. تُقْسَمُ شُعبةُ الرَّخويّاتِ إلى سَبْعِ طوائف - والقوقعُ الرومانيُّ ينتمي إلى طائفةِ بَطْنيّاتِ الأقدام.

طائفةُ بَطْنيّاتِ الأقدام

بَطْنيّاتُ الأقدام ذاتُ قدمٍ عضليّةٍ شِبْهِ مَصّاصة يتحرَّكُ الحيوانُ زَحْفًا عليها. ولأغلبيّةِ هذه الحيواناتِ رؤوسٌ بيِّنةُ التفاصيل وعُيونٌ فوقَ لَوامِسِها. وتتألَّفُ هذه الطائفةُ من ثلاثِ طُوَيئفات؛ والقوقعُ الروماني ذو رئةٍ، لذا صُنِّفَ في طُوَيئفة الرِّئويّات.

طُوَيئفةُ الرِّئويّات

تُقْسَمُ هذه الطُّوَيئفةُ إلى رُتْبَتَيْن. فالقوقعُ الرومانيُّ يستوطنُ اليابسة، وله عينانِ في طرَفَي لامِسَيْه، لذا صُنِّفَ في رُتْبةٍ ذاتِ اللوامِسِ حامِلةِ العُيون (ستيلوماتوفورا).

وَحيدُ القَرْن

أسماءٌ يَسْهُلُ تذَكُّرُها

قبلَ ابتداعِ لينّيوس نظامَه الثُّنائيَّ التسميَة، كان المُثقَّفون يستخدِمون أسماءً لاتينيّةً وَصْفيةً لِتسميةِ النباتاتِ والحيوانات. فهذا الرسمُ لِوَحيدِ القَرْنِ في كتابِ حيوانٍ في القرونِ الوُسطى يحملُ تسميةً لاتينيّةً بمعنى المُقَرَّنِ الأنف.

تغيُّرُ الأسماءِ العِلْميّة

كثيرًا ما تتغيَّرُ الأسماءُ العِلْميّةُ عندما يكتشِفُ عُلماءُ الأحياءِ علاقاتٍ جديدةً بين الكائنات الحيَّة. فقد صَنَّفَ لينّيوسُ نباتَ الجُرَيْسِ الأزرقِ في جِنْسِ أواقِنثوس. ونتيجةً لِلدراسات العِلميّة، فقد أُعيدت تسميتُه عِدّةَ مرّاتٍ ويُصَنَّفُ الآنَ مع جِنْسِ الإسقيل (سيللا).

التَّصنيف

لقد بيّنّا على هذه الصفحةِ نَسَقَ تصنيفِ نوعٍ واحدٍ هو القوقعُ الرومانيّ. لاحِظْ أنَّ التصنيفَ بدأَ بِعالَمِ الحيَوان في أعلى الصفحةِ وأخذَ ينحصِرُ حتى تحديدِ نوعٍ واحدٍ في أسفلها - تَبَعًا لخصائصَ مُتنوِّعة. هذه الفِئاتُ التصنيفيّةُ ابتدعَها البيولوجيّون كأقسامٍ في نظامِ إضباراتٍ ضخم. وهم كثيرًا ما يستخدمون أقسامًا إضافيّةً أخرى غيرَ مُبيَّنةٍ هنا، كشُعَيْبةٍ ورُتبةٍ عُليا أو فَوقيّة.

رُتْبةُ ستيلوماتوفورا

تَضُمُّ هذه الرُّتْبةُ أصنافًا عديدةً من الرَّخويّاتِ الهوائيّةِ التنفُّس التي تَستوطِنُ اليابسة، ولها أعيُنٌ على مِجَسّاتِها. وهي تُقْسَمُ إلى مجموعاتٍ مُتعدِّدة، تُدعى طوائف، وهذه تشمَلُ فصائلَ من كلا القواقعِ والبَزّاقِ المُتشابِهة، رُغمَ أنّ معظَمَ البَزّاقِ لا صَدَفيّ. وينتمي القوقعُ الرومانيُّ إلى فصيلة الحَلَزونيّات.

فَصيلةُ الحَلَزونيّات

الفصيلةُ في التصنيفِ البيولوجيِّ تعني مجموعةً من الأنواع. وضِمنَ الفصيلةِ توجَدُ مجموعاتٌ من الأنواعِ تُدعى أجناسًا. القوقعُ الرومانيّ ينتمي إلى جِنْسِ الحَلَزون لأنَّ صدفتَه حَلَزونيّةُ الشَّكْل.

جِنْسُ الحَلَزون (هِلِكس)

يَضُمُّ جِنْسُ الحَلَزونِ عِدَّةَ أنواعٍ مُتشابهةٍ جدًّا، لِكُلٍّ منها اسمٌ علميٌّ ثُنائيُّ التسمية. الجُزْءُ الأوّل من الاسمِ يُعَيِّنُ الجِنْسَ الذي تنتسِبُ إليه جميعُ الأنواع - في هذه الحالة الحَلَزون (هِلِكس). والجُزْءُ الثاني يُعيِّنُ النوعَ ذاتَه - وهو لِلقوقعِ الروماني بوماشيا ويعني تُفّاحيَّ الشَّكْل. وهكذا، فالاسمُ العلميُّ الكامِلُ لِلقوقعِ الروماني هو الحَلَزون التُّفّاحيّ الشَّكْل.

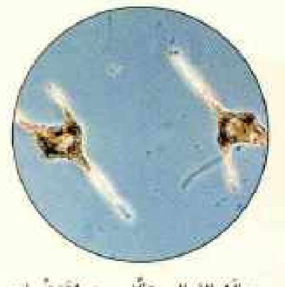
النوع: الحلزون التُّفاحي الشَّكل (هِلِكس بوماشيا)

بدائيّات النّوى (المُونيرا)



يتألّفُ عالمُ بدائيّاتِ النّوى (المُونيرا) من المُتعضّياتِ الوحيدةِ الخليّةِ – البكتريا والطحالبِ الخضراء المُزرقّة المعروفة بسيانوبكتريا. إنّ خليّةَ المُونيرا بسيطةٌ عديمةُ النّواة، أمّا جميعُ الكائناتِ الحيّةِ الأُخرى فخلاياها سويّةُ النّوى.

الاوالي



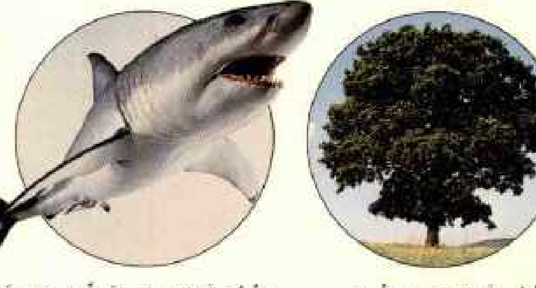
عالمُ الاوالي يتألّف من مُتعضّياتٍ وحيدةِ الخليّةِ سويّةِ النّواة. وهي في غايةِ التّنوّعِ بحيثُ يُدرجُ بعضُ البيولوجيين فيها الطحالبَ الوحيدةَ الخليّةِ التي يرتئي آخرون أنها تنْتمي إلى عالمِ النبات.

الفُطريّات



عالمُ الفُطريّاتِ يتألّفُ من مُتعضّياتٍ تمتصُّ موادَّ أنتجتْها أصلًا كائناتٌ حيّةٌ أُخرى. أحيانًا تُعامَلُ الفُطرياتُ كنباتات، رُغمَ أنّ بِنَى خلاياها وأساليبَ عيْشِها مُختلفةٌ تمامًا.

النباتات



يَضُمُّ عالمُ النباتِ مُتعضّياتٍ تَستخدِمُ الكلوروفيل (اليَخضور) لِتُسخِّرَ طاقةَ ضوءِ الشّمسِ في تخليقِ غذائها. جُدرانُ خلايا النباتِ جاسئةٌ لأنّها تتألّفُ من السّليولوز.

الحيوانات

يَضُمُّ عالمُ الحيوانِ مُتعضّياتٍ عديدةَ الخلايا تُعتاشُ بتناوُلِ الطعام. معظمُ الحيواناتِ قادرٌ على الحركةِ والتنقُّل، لكنّ بعضَها يُمضي قسمًا كبيرًا من حياتِه مُثبّتًا في بُقعةٍ واحدة. وجُدرانُ الخلايا الحيوانيّةِ غيرُ جاسئة.

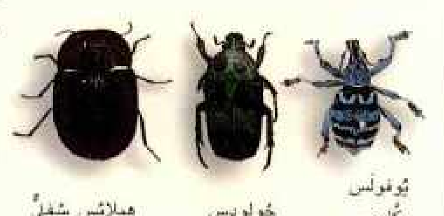
خَمْسةُ عوالمَ من الكائنات الحيَّة

فيما مَضى، قَسّمَ البيولوجيّونَ الكائناتِ الحيّةَ إلى مجموعتَيْنِ فقط: عالَمِ النباتِ وعالَمِ الحيَوان. فتمييزُ الفَرْقِ بين النبتةِ والحيَوانِ بَدا لهُم أمرًا سهلًا. فالنباتاتُ خضراءُ مُجذّرةٌ في مكانٍ واحد، وهي بحاجةٍ إلى الضوءِ لِتَحْيا. أمّا الحيواناتُ فتتنقّلُ عادةً من مكانٍ إلى آخرَ وتغتذي بأشياءَ أُخرى. لكنِ اكتشفَ البيولوجيّونَ لاحقًا أنّ الكائناتِ الحيّةَ ليستْ على ذلكَ القدْرِ من البَساطة. ففي قَبْضةٍ من التُّراب، أو سَطْلٍ من الماء، هنالكَ أعدادٌ لا حَصْرَ لها من الكائناتِ الحيّةِ الدقيقةِ التي لا تنْتمي لأيٍّ من العالَميْنِ المذكورَيْن. والمُتعارفُ اليومَ تقسيمُ الكائناتِ الحيّةِ إلى خَمْسةِ عوالِمَ؛ ومع تغيُّرِ المَفاهيمِ حوْلَ عَلاقاتِها بعضِها ببعض، تتغيَّرُ كذلكَ الطريقةُ التي تُصنّفُ بها.

كَمْ نوعًا الكائنات؟

لا يزالُ البيولوجيّونَ يَجهلونَ العددَ الحقيقيَّ لأنواعِ الكائناتِ الحيّةِ المُتواجِدةِ على الأرض. فقد اكتُشِفَ وصُنِّفَ حتى اليومِ قُرابةُ مِليونَي نوع، لكنْ قد يكونُ العددُ عَشْرةَ أضعافِ ذلك. فنحنُ نعرِفُ حوالى ٥٥٠ نوعًا من الصّنَوبريّاتِ وقُرابةَ ٤٠٠،٠٠٠ نوعٍ من الخنافس.

هذه خَمْسةُ أنواعٍ فقط من آلافِ أنواعِ الخنافس.





خصائصُ عديمةُ الأهميّة

يُحاولُ البيولوجيّونَ تصنيفَ الأنواعِ بطريقةٍ تُبيِّنُ كيفيّةَ ارتباطِها بالتطوُّر. لذلكَ فهُمْ يتخيّرونَ الخصائصَ التي تشتركُ فيها الأنواعُ المُختلفة. لكنْ أيُّ الميزاتِ هيَ الأهمُّ؟ مُخطّطُ العَلاقاتِ أعلاه يُبيِّنُ أحدَ السُّبُلِ لِتصنيفِ أربعةِ حيَواناتٍ على أساسِ شَكلِها الخارجيّ؛ وهذه طريقةٌ قليلةُ الجَدْوى.

الإنسان | الأسد | النّعامة | الطاووس

حيواناتٌ ذاتُ يدين | حيواناتٌ ذاتُ مَخالب | حيواناتٌ لا تقوى على الطّيَران | حيواناتٌ تستطيعُ الطيَران

حيواناتٌ يكسُوها الشّعَر | حيوانات مكسُوّةٌ بالرِّيش

خصائصُ مُهِمّة

يُوحي مُخطّطُ العَلاقاتِ الأوّلُ أنّ النّعامةَ أوثَقُ صِلةً بالإنسانِ منها بالطاووس؛ لكنّ الإدراكَ السّليمَ يَسْتبعِدُ ذلك، لأنّ النّعامَ والطواويسَ كُلّها مَكسُوّةٌ بالرِّيشِ وذاتُ مَناقير، بخِلافِ الإنسان. فمُخطّطُ النّسبِ أعلاه أكثرُ معقوليّةً، لأنّه يَعتمِدُ سِماتٍ أساسيّةً، كالرِّيشِ وبِنْيةِ العِظام، وهي تعطي دلائلَ تصنيفٍ أفضل.

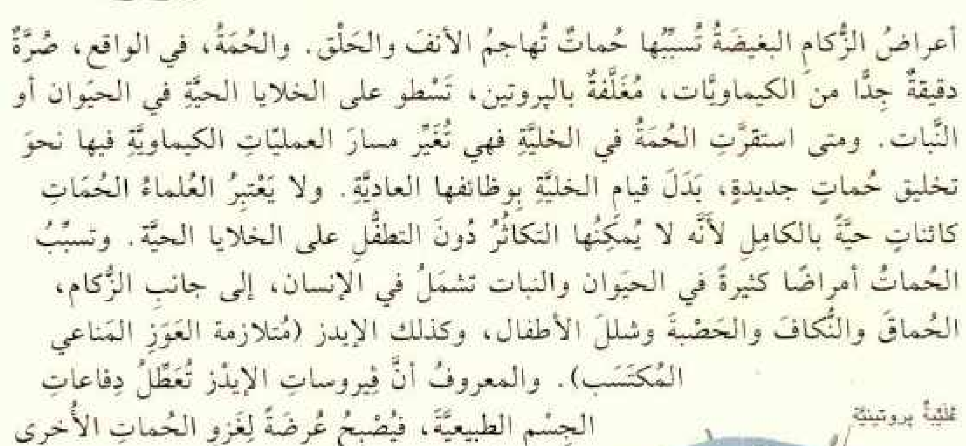
لمزيد من المعلومات انظُر

التطوُّر (النُّشوءُ بالتحوُّل العُضويّ) ص ٣٠٨
آليّةُ التطوُّر ص ٣٠٩
الرّخويّات ص ٣٢٤
الخلايا ص ٣٣٨
التّخليقُ الضّوئيّ ص ٣٤٠
الهياكِلُ الدّاعمة ص ٣٥٢
حقائقُ ومعلومات ص ٤٢٠

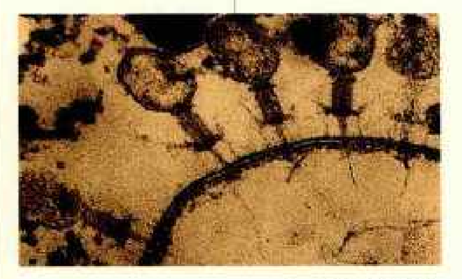
إختيارُ الإسم

المُكتشِفُ الأوّلُ لِنوعٍ جديدٍ من الكائنات له شرَفُ اختيارِ اسمٍ لذلكَ النوع. هذه جمجمةُ دَيْنوصور يُدعى باريُونِكس وُوكري. فالجُزءُ الأوّلُ من الاسمِ يُشيرُ إلى مَخالبِ الدينوصورِ الثقيلة؛ أمّا الجُزءُ الثاني فيُحيي ذِكرى المُكتشف – بِلْ وُوكر.

الحُمَات (الڤِيروسات)



أعراضُ الزُّكامِ البغيضةُ تُسبِّبُها حُماتٌ تُهاجِمُ الأنفَ والحَلْق. والحُمَةُ، في الواقع، صُرَّةٌ دقيقةٌ جدًّا من الكيماويَّات، مُغلَّفةٌ بالپروتين، تَسْطو على الخلايا الحيَّةِ في الحيَوانِ أو النَّبات. ومتى استقرَّتِ الحُمَةُ في الخليَّةِ فهي تُغيِّرُ مسارَ العمليَّاتِ الكيماويَّةِ فيها نحوَ تخليقِ حُماتٍ جديدةٍ، بَدَلَ قيامِ الخليَّةِ بوظائفها العاديَّة. ولا يَعْتَبِرُ العُلماءُ الحُماتِ كائناتٍ حيَّةً بالكاملِ لأنَّهُ لا يُمكِنُها التكاثُرُ دُونَ التطفُّلِ على الخلايا الحيَّة. وتسبِّبُ الحُماتُ أمراضًا كثيرةً في الحيَوانِ والنبات تشمَلُ في الإنسان، إلى جانبِ الزُّكام، الحُماقَ والنُّكافَ والحَصْبةَ وشللَ الأطفال، وكذلك الإيدز (مُتلازمة العَوَزِ المَناعي المُكتَسَب). والمعروفُ أنَّ ڤيروساتِ الإيدْز تُعَطِّلُ دِفاعاتِ الجِسْمِ الطبيعيَّةَ، فيُصْبِحُ عُرضَةً لِغَزْوِ الحُماتِ الأُخرى أو البكتيريا.



حُماتٌ خاويةٌ تلتصقُ بالخليَّة من الخارج.

لاقِمَاتُ البكتيريا

لاقِمَاتُ البكتيريا ضَرْبٌ من الحُماتِ يُهاجِمُ البكتيريا (الجراثيم) ليتكاثَر. هنا جُرثومة (بكتيرية) تغزُوها لاقِماتُ البكتيريا ت٤. الحُماتُ الخاويةُ مُلتصِقةٌ بالخليَّةِ الجُرثوميَّةِ من الخارج، بعد أنْ حَقَنَتْ مُحتواها من د ن أ (الحامض النَّوَوي الرِّيبي المَنقوص الأكسجين) داخِلها.

راس
د ن أ
جُلْبة
ذَيْل

تنطلقُ الحُماتُ المُستنسَخةُ بَعْدَ انفِجارِ الجُرثومة.

تحُطُّ الحُمَةُ على جدارِ الخليَّةِ الجُرثوميَّة.

تَسْتنسِخُ الجرثومةُ د ن أ الحُمَوي (الڤيروسي).

تتشكَّلُ رؤوسٌ وأذيالٌ جديدة.

يتقلَّصُ الذَّيلُ فيُحقَنُ د ن أ داخلَ الجُرثومة.

إسْتِنْساخُ الحُمات

تبدو الحُمَةُ لاقِمَةُ البكتيريا ت٤ كأنَّها مَرْكَبَةٌ فضائيَّةٌ مُنَمْنَمَة. وهي تَسْتَنْسِخُ ذاتَها بِحَقْنِ مُحتواها، من د ن أ، داخِلَ الجُرثومة. وهذا يجعَلُ الجُرثومةَ تُخلِّقُ كُلَّ الأجزاءِ اللَّازمةِ لتجميعِ حُماتٍ جديدة. ثُمَّ تتضامُّ الأجزاءُ وتخرجُ الحُماتُ الجديدةُ من الخليَّةِ الجُرثوميَّة.

غُلْبَةٌ پروتينيَّة

طاقٌ مُزْدوجٌ من د ن أ

غِلاف

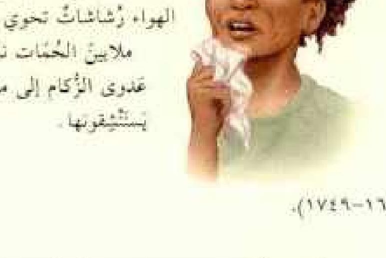
الحُمَةُ الحَلَئيَّة

تُسبِّبُ الحُماتُ الحَلَئيَّةُ الحُماقَ والحَلأَ النِّطاقيَّ والقُرُوحَ الباردة. في داخِلِ كُلِّ حُمَةٍ هُنالك طاقٌ مُزدوجٌ من المادَّةِ الكيماويَّةِ الوراثيَّةِ د ن أ، التي تحوي جميعَ «التعليمات» اللَّازمةِ لِجَعْلِ الخليَّةِ الحيَّةِ تَسْتَنْسِخُ الحُمَة. تحفَظُ الـ د ن أ غُلْبةٌ پروتينيَّةٌ عِشرونيَّةُ الأوجهِ المُتماثِلَة، تلُفُّها طَبَقَةٌ واقيةٌ تُدعى الغِلاف. فعندما تُصادِفُ الحُمَةُ خليَّةً مُناسِبةً، يلتحِمُ غِلافُها بِغشاءِ الخليَّة - كما تلتصِقُ معًا فُقّاعتان. ثُمَّ يَدْخُلُ باقي الحُمَةِ إلى الخليَّةِ حيثُ يُسْتَنْسَخُ. أحيانًا، تَستوطِنُ الحُماتُ الحَلَئيَّةُ جِسْمَ الإنسانِ عِدَّةَ سِنينَ دونَ إيذائه.



تُوَيجيَّاتُ الخُزامى (التوليب) المُرَيَّقة

زَهْرِيَّة - بِريشة جان ڤان هويسوم (١٦٨٢-١٧٤٩).



أُنوفٌ سيَّالة

تُسبِّبُ لكَ حُماتُ الزُّكامِ أنفًا "سيَّالًا" وعندما تَعْطِسُ، تنتثِرُ في الهواءِ رُشاشاتٌ تحوي ملايينَ الحُماتِ ناقلةً عَدوى الزُّكامِ إلى من يَستنشِقونها.

حُماتٌ عَزيزة

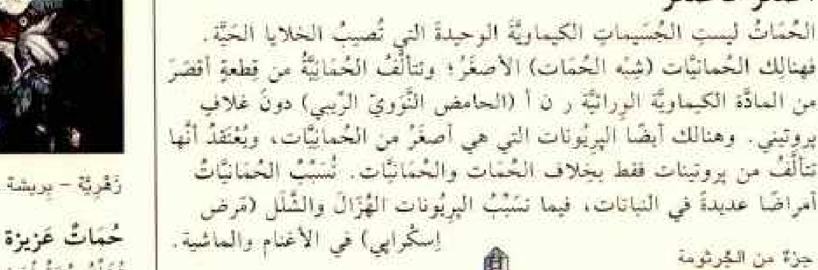
تُحَلِّقُ حُمَةُ فُسَيفساءِ الخُزامى، أرياقًا فُسيفسائيةً فيها. ففي القرن ١٧، كانت الخُزامى المُرَيَّقةُ بهذه الحُماتِ فائقةَ القيمةِ في هولندا - بحيث يتعامَلُ بها الناسُ كالأسهُمِ والسَّنَدات، حتى لقد فاقَ ثَمَنُ بَصَلةِ الخُزامى الواحدةِ مُعَدَّلَ دَخلِ الشخصِ العاديِّ في سَنَة.

لمزيد من المعلومات انظر

الجراثيم (البكتيريا) ص ٣١٣
الخلايا ص ٣٣٨
البيئة الباطنيّة (في الأحياء) ص ٣٥٠
النُّمو ومَراحِلُه ص ٣٦٢
الوِراثيَّات ص ٣٦٤

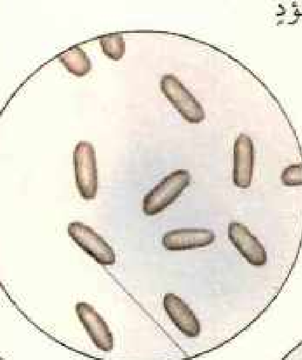
أصغَرَ فأصغر

الحُماتُ ليستِ الجُسَيماتِ الكيماويَّةَ الوحيدةَ التي تُصيبُ الخلايا الحيَّة. فهنالك الحُمائيّات (شِبْه الحُمات) الأصغَر؛ وتتألَّفُ الحُمائيَّةُ من قِطعةٍ أقصَرَ من المادَّةِ الكيماويَّةِ الوراثيَّةِ ر ن أ (الحامض النَّوَويّ الرِّيبي) دونَ غلافٍ پروتيني. وهنالك أيضًا البِرْيُونات التي هي أصغَرُ من الحُمائيّات، ويُعتَقَدُ أنَّها تتألَّفُ من پروتينات فقط بِخِلافِ الحُماتِ والحُمائيّات. تُسَبِّبُ الحُمائيَّاتُ أمراضًا عديدةً في النباتات، فيما تُسَبِّبُ البِريُونات الهُزَالَ والشَّلَل (مَرَض إسكْرابي) في الأغنام والماشية.



الجراثيم (البَكتريا)

إذا تركْتَ كوبًا من اللبن (الحليب) خارجَ البرَّاد في طَقْس دافِئ، فسيَحْمَضُ اللبنُ بعد وقتٍ قصير. إنَّ سببَ هذا التحوُّلِ هو النُّمُوُّ السريع لِمُتَعَضِّياتٍ مجهريَّةٍ وَحيدة الخليَّة بدائيَّةِ النواة تُعرَفُ بالجراثيم (البَكتِريا). والبَكتِريا هي أكثرُ الكائناتِ الحيَّةِ انتشارًا على الأرض، فهي تتواجَدُ في الهواء وفي التُّراب وفي جميع أنواع النباتاتِ والحيَوانات وعليها، بما فيها الإنسان. حتّى إنَّ بعضَ أنواعِها يوجَدُ في الينابيعِ الحارَّةِ وفي الجليد أيضًا. والبكتِريا أنواعٌ مُختلِفةٌ عديدة - بعضُها مُؤْذٍ وبعضُها الآخرُ مُفيد. فالبَكتِريا المؤذيةُ تشمَلُ تلك التي تُسبِّبُ الأمراضَ الخطِرةَ كالكُزازِ وإنتانِ (تسمُّم) الدم. وتشمَلُ المُفيدةُ البَكتِريا المُفَسِّخةَ التي تُحلِّلُ الفَضَلات إلى موادِّها الأوليَّة، والمُنَتْرِتَةَ التي تثَبِّتُ نِتروجين الهواء في جُذور النبات، إضافةً إلى بكتريات التخليل ومُستَخرَجات الألبان.



العُصَيَّةُ جُرثوم عَصَويُّ الشكل، يعيشُ مُنفرِدًا أو في سَلاسِلَ.

الكُوَّرةُ مُدوَّرةُ الخليَّة، بعضُ المُكوَّرات يعيشُ في عناقيدَ أو في سلاسلَ طويلة.



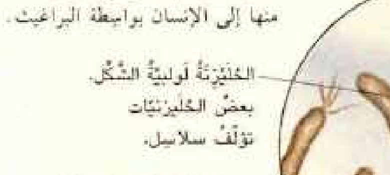
الحَلَزَنةُ لَولَبيَّةُ الشكل. بعضُ الحَلَزنيَّات تؤلِّفُ سلاسِل.

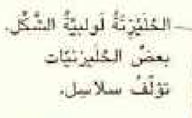
الطاعُون الدُّبْلي (الدُّمَّلي)

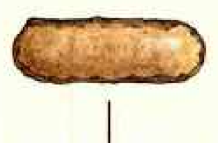
قبْلَ اختِراع المُضادَّات الحيويَّة، كانتِ الأمراضُ الجُرثوميَّةُ أحيانًا تكتَسِحُ مناطِقَ واسعةً بأوبئةٍ مُرَوِّعَة. فخلالَ القرنَين الثالثَ عَشَر والسابعَ عَشَر، اجتاحَ أوروبا الطاعونُ الدُّبْليُّ، المعروف بالموت الأسود، فقضى على ملايينِ البشَر. وتُسبِّبُ هذا الطاعونَ جراثيمُ تعيشُ في الجِرْذان وتنتَقِلُ منها إلى الإنسان بواسِطة البراغيث.

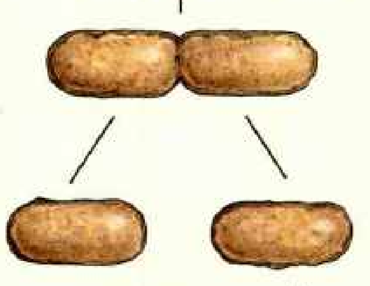
الخلايا الجُرثوميَّة

الجُرثومةُ أو الجُرثومُ النَّموذجيّ أصغرُ من الخليَّة الحيوانيَّة بحوالى ١٠٠٠ مرَّة، فلا نشاهَدُ تفاصيلُها إلّا بالمِجْهر الإلِكتروني. والخليَّةُ الجُرثوميَّة ذاتُ جدارٍ ثخين، وهي غيرُ مُنوّاة. وتعيشُ البكتِريا إمَّا باستِخدام طاقةِ الكيماويَّات أو ضوءِ الشَّمس، أو بامتِصاص موادَّ غذائيَّة من العُضويات الميْتة كبقايا النبات والحيوان، أو من الخلايا الحيَّة.









التكاثُر الجُرثوميّ

تكاثُرُ الجراثيمُ (البَكتِريا) غالبًا بالانشِطار - أي بانْقِسام الخليَّة إلى اثنَتين. ففي ظُروف مُلائمةٍ - من الدِّفءِ والرُّطوبة ووَفرةِ الغذاء - تنقسِمُ الخليَّةُ إلى اثنتَين كُلَّ ٢٠ دقيقةً؛ أي إنَّ الجُرثومةَ تُنتِجُ ثلاثةَ أجيالٍ خلالَ ساعةٍ واحدة فقط. ففي ٢٤ ساعةً تُنتِجُ الانقِسامات المتكرِّرةُ حوالى ٥٠٠٠ بليون بليون جُرثوم!



تكريرُ مياهِ المجارير

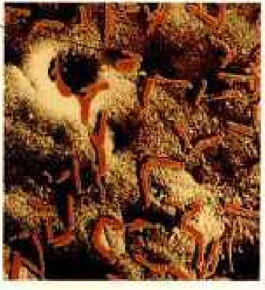
تَلعَبُ البَكتِريا دَورًا مُهمًّا في مُعالَجةِ الفَضَلاتِ البشريَّة فلا تَعُدو من أسبابِ التلوُّث. في مُجمَّع تكرير مياهِ المجارير تُنَضُّ السوائلُ الفضلاتيَّةُ عَبْرَ طبقاتٍ من حَبّ الفَحْم والحَصْباءِ الدقيقة، فتَعْمَلُ فيها البَكتِريا المُتواجدةُ في تلك الطبقاتِ هاضِمةً الفضلاتِ ومُفكِّكةً إيّاها إلى موادَّ مأمونةٍ أبسَط. وهكذا يُمكِنُ إعادةُ تلكَ المياه إلى الجَداولِ والأنهار دون أن تُعرِّضَ الحياةَ البرِّيَّةَ للضَّرر.

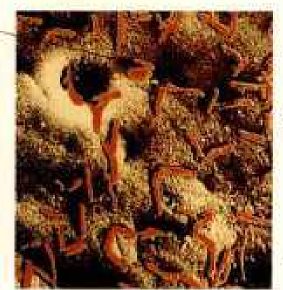
رُوبرت كُوخ

الطبيبُ الألمانيُّ روبَرت كُوخ (١٨٤٣-١٩١٠)، ساهَمَ في إرْساءِ دِراسةِ البَكتِريا كعِلْمٍ طِبّيّ. ففي العام ١٨٧٦، اكتشَفَ أنَّ الجُرثومَ المُسَبِّبَ لِلجَمْرة الخبيثة (داءٌ يُصيبُ الماشيةَ والإنسان) يُمكِنُ استِنْباتُه في المُختَبر. كما شَخَّصَ أيضًا البَكتِريا المُسبِّبةَ لِلسُّلِّ والهَيْضة (الكُوليرا).

نَخَرُ الأسْنان

تعيشُ في أجسادِنا وعلَيها أنواعٌ عديدةٌ من البَكتِريا. فالبَكتِريا دائمةُ التواجُد في الفَم لاتصالِه بالهواء. هذه البَكتِريا تعيشُ بهضمِ مُخلَّفاتِ الطعام، وإذا لَمْ تُنظِّفْ أسنانَك بانتِظامٍ، فستراكَمُ تلك البكتِريا، مُكوِّنةً لُوَيحاتٍ قُلاحيَّةً بيضاءَ أو مُصفرَّة. كذلك تُهاجِمُ الحوامِضُ التي تُنتِجها تلك البكتِريا ميناءَ الأسنانِ الصُّلْبَةَ، ومتى نخَرَتْها يمتدُّ النَّخرُ بِسُرعةٍ إلى الطبقاتِ الطريَّةِ تحتَها.





بكتِريا على سَطح السِّنّ

لمزيد من المعلومات انْظُر

الخَلايا ص ٣٣٨

التَّحليلُ الضوئي ص ٣٤٠

الأسْنان والفكّان ص ٣٤٤

البيئة الباطنيَّة (في الأحياء) ص ٣٥٠

النُّمُوّ ومَراحِلُه ص ٣٦٢

حقائقُ ومَعلومات ص ٤٢٠

المُتعَضِّياتُ الوَحيدةُ الخَليَّة

الأماكنُ الرَّطْبةُ كالبِحار والغُدْران والأراضي السَّبْخَة تَزْخَرُ بمُتعضيَّاتٍ وَحيدةِ الخليَّة تُدعى الأوَّليَّات (البروتِستا). ورُغمَ أنَّ هذه الكائناتِ الأوليَّة أكبَرُ من البَكتِريا، فإنَّ مُعظمَها من الدِّقةِ بحيثُ لا يُرى بالعَينِ المُجَرَّدة. والخليَّةُ في الأوَّليَّات تختلفُ اختلافًا بَيِّنًا عنها في البَكتِريا، فهي تحوي نواةً بالإضافةِ إلى عُضيَّاتٍ تقومُ بوظائفَ مُتنوِّعَةٍ للمُحافَظةِ على حياةِ الخليَّة. وتَغْتذي الأوليّاتُ بطريقتَيْن: فبعضُها يُخَلِّقُ الغذاءَ كالنبات - بِاستِخدام طاقةِ ضوءِ الشَّمْس؛ وبعضُها الآخَرُ، ويُدعى الأوالي الحيوانيَّة (البروتوزوا)، يَتصيَّدُ الفرائسَ ويَأكلُها. وجديرٌ بالذِّكْر أنَّ الأوَّليّاتِ لا يُمكِنُ فَرزُها قَطْعًا كشِبْهِ نَباتٍ أو شِبْهِ حيوان، إذْ إنَّ بعضَها شبيهٌ بكلَيْهِما - يُخَلِّقُ طعامًا باستِخدام ضوءِ الشَّمْس، وأيضًا يأكُل مُتعَضِّياتٍ أُخرى.



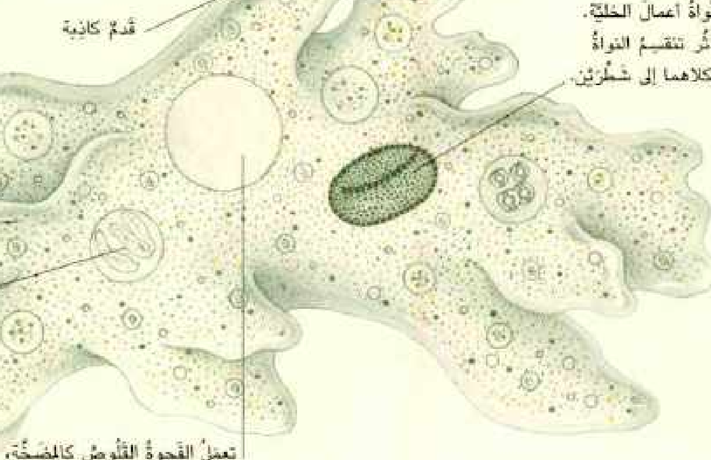
هَيُولى الخليّةِ السائلةُ تسري عبْرَ الأقدامِ الكاذبة حاملةً معَها عُضَيَّات.

شُرعةُ المُتمَوِّرةِ القُصوى حوالى سنتيمترين في الساعة.

تَمُدُّ المُتمَوِّرةُ أقدامًا كاذبةً باتّجاه تحرُّكِها.

كيفَ تتحَرَّكُ المُتمَوِّرة؟

تستطيعُ المُتمَوِّرةُ (الأميبة) تحويلَ بعضٍ من هَيُولى خليّتِها (السِّيتوبلازْم) إلى جامِدٍ هُلاميّ، ثمَّ إعادتَه ثانيةً إلى الحالةِ السّائلة - فتصنَعُ بذلك "أقدامًا" مُؤقَّتةً تُدعى أقدامًا كاذبة. أثناءَ تحرُّكِ الأميبةِ تُصبِحُ جوانبُ تلك الأقدامِ جامدةً وتَثْبُتُ في مَوقِعِها، بينما تسري الأجزاءُ الأماميَّةُ والداخليَّةُ إلى الأمام.



المُتمَوِّرة (الأميبة)

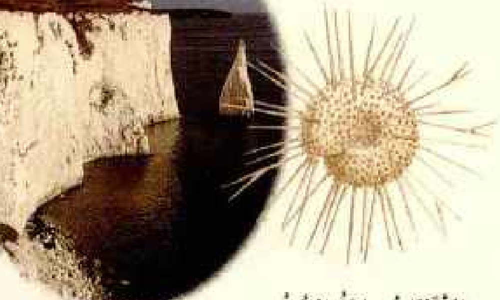
المُتمَوِّرةُ (الأميبةُ) نوعٌ خاصٌّ من الأوّليّاتِ التي لا شكْلَ ثابتًا لها. فتتحرَّكُ خليّتُها الوحيدةُ الكيسيَّةُ الشَّكل بالانسياب في أيِّ اتّجاه. تَستوطِنُ المُتمَوِّراتُ المياهَ وتَغتذي باغتمارِ الفرائس، فيُحتَجَزُ الطعامُ في فَقّاعاتٍ تُدعى فَجواتٍ غِذائيّةً حيثُ يتِمُّ هَضْمُه لاحِقًا. تتكاثَرُ المُتمَوِّرةُ بانقِسام الخليّةِ إلى اثنَتَيْن.

تَجولُ الدِّيدينيُوم باحثةً عن طعام.

لقد اصطدمت الدِّيدينيُوم اتّفاقًا ببراميسيُوم فراحتْ تمتَطُّ مُتّسِعةً لاحتواءِ فريستِها الضخمة. وبعْدَ ساعتَيْنِ أو ثلاثٍ تسعى في طلبِ الغذاءِ مُجدَّدًا.

صِراعُ الأوَّليّات

قد تكُونُ الأوّليّاتُ صغيرةً، لكنَّ عالَمها يَضُمُّ بعضَ الكائناتِ الضاريَة. هنا، الدِّيدينيُوم تُهاجِمُ البراميسيُوم مُطلقةً خيوطًا سامّةً على فريستِها عند بَدْءِ المعركة. وبالرُّغم من أنّها أصغرُ من فريستِها بكثير، فهي تمتَطُّ لِتبتلِعَها. هذانِ الكائنانِ الأوليّانِ كِلاهما من الهُدبيّاتِ التي تُجذِّفُ عبْرَ الماءِ بواسطةِ شُعيراتٍ دقيقةٍ تُدعى أهدابًا.



الأوّليّاتُ بانيةُ الصُّخور

المُنَخْرِباتُ كائناتٌ أوّليّةٌ تعيشُ داخلَ مَحارٍ مِجهريّةٍ غنيّةٍ بالكالسيوم. وتنتشِرُ على سطحِ كُلِّ محارةٍ نخاريبُ دقيقةٌ تبرُزُ منها "أقدامٌ" خاصّةٌ لِجمْعِ الغِذاء. تعيشُ المُنَخْرِباتُ في البَحْرِ بأعدادٍ ضخمة؛ وعندما تموتُ تتراكمُ مَحارُها فوقَ قاعِ البَحْرِ وتتحوَّلُ مع الزَّمَنِ إلى صُخورٍ - كالجُرفِ البيضاءِ الطباشيريةِ المُبيَّنةِ أعلاه.

لمزيدٍ من المعلومات انظُر

الجراثيم (البكتريا) ص ٣١٣
الخلايا ص ٣٣٨
التَّحْليلُ الضَّوئيّ ص ٣٤٠
التكاثُرُ اللاجِنْسيّ ٣٦٦
حقائقُ ومَعلومات ص ٤٢٢

النامُوس (البَعُوض) والمَلاريا (البُرَداء)

الملاريا داءٌ خَطِرٌ ينتشِرُ بخاصّةٍ في المِنطقةِ المَداريّة، ويُسبِّبُه طُفيليُّ الملاريا (البلازْمودْيُوم)، الذي ينقُلُه البَعوضُ في غُددِه اللُّعابيّةِ من المُصابِ إلى شخصٍ سليم حيثُ يتكاثرُ داخلَ كبِده وخلايا دمِه الحُمر. وكُلَّ بِضعةِ أيّامٍ تخرُجُ خلايا الطُّفيليّ الأوليّ الجديدةُ من خلايا الدَّمِ الحمراءِ فتُسبِّبُ نوباتٍ حُمّويّة.

تُدمَّرُ خليّةُ الدَّم الحمراء بتكاثُرِ غُزاتِها.

خليّةُ دمٍ بشريّةٌ حمراء

تحتفِظُ الناموسةُ المُلوَّثةُ بخلايا طُفيليِّ الملاريا داخِلَ غُددِها اللُّعابيّة. فإذا ما لسَعَتْ شخصًا تنتقِلُ إليه هذه الخلايا.

النامُوسة (البَعُوضة) (أنوفيليس أرابْيانسِز)

الفُطريَّات

الفُطريّاتُ عالَمٌ من المُتعضّيات السَّويَّةِ تنوِّي الخلايا - منها المألوفُ الكبيرُ كعَيشِ الغُراب والفُطر الغاريقوني والكمأةُ، ومنها المِجهَريُّ الوحيدُ الخليةِ كالعَفَنِ والخمائر. تتألَّفُ الفُطرةُ الكبيرةُ مِنْ قِسم ظاهرٍ مِظَلِّيِّ الشَّكل ومن كُتلةِ خُوطانٍ دَقيقةٍ مُتوارية في التُّربةِ أو في موادَّ عُضويةٍ كالخشَبِ المُهْترئ. والفُطريَّاتُ، بخِلاف النباتات الخَضراء، عاجزةٌ عن تخليق غِذائها؛ لذا تعيشُ مُتطفِّلةً على كائناتٍ حيَّةٍ أُخرى أو على مَوادَّ عُضويةٍ مَيِّتة. والفُطر، مع البَكتِريا، من المُفكِّكات المُهمَّة في تحليل بَقايا النبات والحيَوان مُعيدةً مَوادَّها الكيماويَّةَ لِتُستعمَلَ مُجَدَّدًا. وتتكاثرُ الفُطورُ خُضَريًا وجِنْسيًا، والكثيرُ منها يُصيبُ الإنسانَ والحيَوانَ والنباتَ بأمراضٍ مُختلِفة. بعضُ الفُطور يُؤكَلُ، ومنها ما يُستخدَمُ في التخميرِ وفي تحضير المُضادَّاتِ الحيَويَّة كعَفَنِ البِنسِلين.

نكَهاتٌ فُطريَّةٌ مُطيِّبة

رُغمَ أنَّ بعضَ الفُطر سامٌّ، فالكثيرُ من الأنواع المأمونةِ يُستخدَمُ في إضفاءِ نَكْهةٍ مُميِّزةٍ على بعض الأطعمة. تُتلُّ الجُبنِ أعلاه لُوِّثتْ بِفُطرِ البِنسِليوم الذي يَنمو عليها فيُكسِبُها مَذاقًا خاصًّا.

دَورةُ حياةِ فُطرٍ نَموذَجيّ

الجِسمُ المُثمِر
تتكوَّنُ الأبواغُ بالإخْصاب داخِلَ الجِسْمِ المُثمِر.
خُوط (خيطٌ فُطريّ)
أبواغٌ مُنتثِرة

تَفْصِلُ بين الخياشيم فَجَواتٌ ضَيِّقةٌ تسمحُ للأبواغِ بالسُّقوط إلى أسفلَ. وقد يُطلِقُ الرأس الفُطريُّ ملايينَ الأبواغ.

تتألَّفُ السَّاقُ من كُتلةِ خُوطانٍ (ج. خُوط) فُطريَّةٍ مُتَضامةٍ معًا.

غاريقون الذُّباب

غاريقونُ الذُّباب (أمانيتا مَسْكاريا) فُطرٌ سامٌّ يتكاثرُ بتكوينِ رُؤوسٍ مِظَلِّيَّةٍ ذاتِ تقاطيعَ خيشوميَّةٍ في سُطوحها السُّفلى. في هذه الخياشيم تتكوَّنُ الأبواغُ الشبيهةُ بالبُزورِ الدقيقة. وحين تُطرَحُ الأبواغُ تذروها الرِّياحُ؛ فإن وَقَعَ البوغُ في مكانٍ ملائم، يَنمو مُكوِّنًا كُتلةَ خوطانٍ فُطريةٍ جديدة.

عفَنٌ أسودُ (كلادوسبُوريوم كلادوسبُوريويدس) نامٍ على جدارٍ رَطْب.

الفُطريَّات حَوالى المَنْزل

تنمو أنواعٌ كثيرةٌ من الفُطريّات داخِلَ المنازل وحَولَها، كالعَفَن الذي يَنتشِرُ على الجُدرانِ الرَّطْبةِ الباردةِ مُكوِّنًا بُقَعًا سوداء. كما يُفرِيُ العَفَنُ الجافُّ (سِربيولا لاكريمانس) الخشَبَ في البُيوت القديمة. كذلك يُصيبُ العَفَنُ الفُطريُّ والصَّدأُ أشجارَ الحَدائق ومَحاصيلَ المَزارع.

الفُطريَّاتُ الوَحيدةُ الخليَّة

الخمائرُ أفطارٌ مِجهريَّةٌ وَحيدةُ الخليَّة تتكاثرُ غالبًا بالتَّبرعُم. وهي تغتذي بالسُّكريّاتِ مُحوِّلةً إياها إلى كُحولٍ أو موادَّ أُخرى في عمليَّةٍ تُدعى الاختِمار. وتُستخدَمُ الخمائرُ في إنتاج المَشروبات الكُحوليَّة وفي تَخمير العَجين.

خلايا الخميرة (سَكَّاروميسيز سيرفيسيا)

مَجاعةُ البطاطا

عفَنُ البطاطِس فُطرٌ غيَّرَ مَجرى التاريخ. ففي مُنتصَفِ القَرن التاسعَ عشَر، ضربَ هذا العَفَنُ (فِتيوفثُورا إنفستانس) نباتاتِ البطاطا في إيرلَندا على مَدى عِدَّةِ سَنَواتٍ مُتتالية، مِمّا اضطرَّ آلافَ الناسِ المتضوِّرين جُوعًا لِلْهجرة إلى أمريكا الشماليَّة.



قُفَعُ الذِّئب (لايكوبِردون پايريفورمي)

قُفَعُ الذِّئب (الفُطرُ الكُرويُّ النَّفّاث)

تتكوَّنُ أبواغُ قُفَعِ الذئبِ داخِلَ رأسٍ كُرَويّ. هذا الرأسُ يَجِفُّ تدريجيًا لِيغدو كيسًا أجوفَ يَنْفجِرُ بِمَسِّ حيَوانٍ أو قطرةِ مَطَرٍ باعثًا الأبواغَ عَبْرَ ثَقْبٍ قِمّيٍّ فيه.

السير أَلِكْسَنْدَر فلِمِنْج

عامَ ١٩٢٨ لاحظ الجراثيميُّ الاسكُتلنديُّ ألِكْسندر فلِمِنْج (١٨٨١-١٩٥٥) أنَّ عفَنًا لوَّثَ المُستنبَتاتِ البكتيريَّة في أحد الأطباق في مُختبره فأبادها. فعزَلَ فلِمِنْج المادَّةَ التي أنتجها الفُطرُ، وأسماها البِنسِلين - أوَّلَ عقَّارٍ من المُضادَّاتِ الحيَويَّة. ونتيجةً لأبحاثٍ لاحقةٍ أنقَذَ البِنسِلين حياةَ ملايينِ الأشخاص.

لمزيد من المعلومات انظر

الجراثيم (البكتيريا) ص ٣١٣
التَّخليق الضَّوئيّ ص ٣٤٠
الاغتِذاء ص ٣٤٣
التكاثُر اللاّجنسيّ ص ٣٦٦
دوراتٌ في الغِلاف الحيَويّ ص ٣٧٢
الفضَلاتُ وإعادةُ تدويرها ص ٣٧٦
حَقائقُ ومَعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢

اللّازَهْرِيَّات

تختلِفُ النباتاتُ الخضراءُ عن الفُطْرِيّات بأنَّها تُخلِّقُ غِذاءَها من موادَّ بسيطةٍ كالماء وثاني أكسيد الكربون بطاقةِ ضوء الشَّمْس وفاعليةِ الكلوروفيل (اليَخضور) في أوراقها.

تُقْسَمُ النباتاتُ الخضراءُ إلى قِسمين رئيسيين - هما اللّازهريّات والنباتاتُ المُزْهِرَة. ظُهورُ اللازهريّات يَعودُ إلى أكثرَ من ٣٠٠ مِليون سنةٍ وشمَلتِ الطحالبَ والسَّراخِسَ والحَزازَ، وقد بلغَ بعضُها أحجامًا عظيمة. وهذه النباتاتُ لا تزالُ موجودةً، لكنَّ المُتواجِدَ منها على اليابِسَةِ صغيرٌ عادةً، ويقبَعُ غالبًا في الأماكن الظليلة. تتكاثَرُ اللّازَهريّات بِنَشْرِ أبواغها، والكثيرُ منها تتعاقبُ أجيالُه بينَ البَوغي والمَشْرِيّ. الجيلُ البَوغيُّ يُنْتِجُ الأبواغَ التي لا تَلْبَثُ أن تَنْبُشَ لِتُنتِجَ جيلَ المُشَيرات (البروثالُوس) الذي يُنتِجُ الأمشاجَ (الخلايا التناسُليّة أو الأعراس).

لَيس لِعُشبِ البَحْرِ المَعروفِ بالكِلْبِ أوراقٌ حقيقيّةٌ، بل سُعَفاتٌ مُدَبَّبَة.

عِملاقٌ تحت مائيّ

الكِلْبُ العِملاق (ماكروسيسْتِس بَيْرِيفِرا) هو أكبرُ الطحالِب في العالَم ومن أسرَعِها نُمُوًّا. ويستطيعُ عُشبُ البَحْرِ هذا التحَوُّلَ من خليّةٍ وَحيدةٍ إلى نَبْتَةٍ طُولُها ٥٠ مِترًا في سَنَةٍ واحدة، والأقْدَمُ عَهْدًا قد يبلُغ طولُها ٢٠٠م. يَنْمُو الكِلْبُ العِملاقُ في المياه الباردة على مَبْعَدةٍ من كاليفورنيا، بالولايات المتحدة، حيثُ يُشَكِّلُ "غاباتٍ" تحت مائيّة، تُوَفِّرُ المأوى والغِذاءَ لِلكثيرِ من الحيواناتِ البَحْريّة كالأسماكِ والقُضاعات (ثعالِبِ البَحْر).

نَبْتَةُ السَّرْخَس
(جيلٌ بَوغي)

أبواغ

لاقِحة (زَيْجوت)
تحتَ النابِتِ
المَشيجي

مُشَيْرة
بُروثالُوس
(نابِتُ الجيلِ
المَشيجيّ)

بُيَيْضة

الإخصاب

نُطْفَة

دورةُ حياة نَبْتةٍ لا مُزْهِرةٍ نَمُوذجيّة

السَّراخِسُ الشجَريّة

السَّراخِسُ الشَّجريّةُ أطولُ النباتاتِ اللّامُزهِرة على اليابِسة. وهي تَنْمُو غالبًا في المناطقِ المَداريّة، ويَنمو البعضُ منها في أماكنَ أبردَ كنيوزيلندا.

تحوي السَّراخِسُ أنسجةً خاصّةً تنقلُ الماءَ عَبْرَ النَّبْتة.

للكِلْبِ، بَدَلًا من الساقِ العاديّة، سُوَيقاتٌ مَطّاطيّةٌ متينة.

تحمِلُ الكَبِديّاتُ شرائطَ مُسَطَّحةً أو شرائطَ مُقَطَّعةً تُشبِهُ الأوراق.

الكَبِديّات

الكَبِديّاتُ الطحليّةُ وثيقةُ الصلةِ بالحزازيّات. فهي نَباتات مُنبطِحةٌ تشبهُ قِطَعًا من الشريطِ الأخضر. ومعَ تقدُّمِ نُمُوِّ النبتةِ يُتابِعُ الشريطُ الانقسامَ إلى اثنَين. تَستوطِنُ الكَبِديّاتُ الأماكنَ الزائدةَ الرُّطوبة، كالتجاويفِ الصخريّةِ وضِفافِ الجَداول.

يُرْسي الكِلْبَ العِملاقَ في قاعِ البَحْرِ مُثبِّتٌ مِرْساويٌّ يشبِهُ الجذور.

وَفرةٌ من الطحالِب

يوجَدُ أكثرُ من ٢٠٠،٠٠٠ نوع من الطحالِب، تتفاوتُ حَجْمًا بينَ هذه النَّبتةِ المائيّةِ المِجهريّةِ المعروفة بالفولفوكْس وبينَ الكِلْبِ العِملاق. يتألّفُ الفولفوكس من كُرَةِ خلايا مُوضَّعةٍ في وَسَطٍ هُلامي. وتتكوّنُ المُسْتعمراتُ الوليدة داخِلَ المستعمَرةِ الأمِّ ثم تُسَيِّبُ عندما تَبلُغُ حَجْمًا كافيًا.

تَتفجّرُ المُستعمرةُ الأمُّ لِتُطلِقَ المُستعمراتِ الوليدة.

تُرسي الحَزازَ شُعيراتٌ شِبْهُ جَذريّة تدعى جُذَيْرات.

الحَزاز

كُتلةُ الحَزاز تتألّفُ من تكاثُلِ نَباتاتٍ قُطَيْرِيّةٍ فوقَ صخرٍ أو جِذْعِ شجرة. يُطلِقُ الحزازُ أبواغَهُ من عُلَيْباتٍ مَحْمُولةٍ على سُوَيقاتٍ صغيرة. وإذا تطلّعْتَ عن كَثَبٍ فقد تشاهِدُ تلك العُلَيبات أحيانًا.

استِعمالاتُ الأعشاب البَحْرِيّة

لعلَّكَ تُصادِفُ الأعشابَ البَحْريّةَ يَوميًّا دونَ أن تَدْري. فخُلاصاتُ هذه الأعْشابِ تُستخدَمُ عادةً في تَغْليظِ قوامِ البُوظة، وفي المُرَطِّبات والغِراء ومَعاجينِ الأسنان - وحتّى في المُتفجِّرات. والأعشاب غَنِيّةٌ بالمعادنِ المُفيدة، لذا تُجْمَعُ أحيانًا لِصُنْعِ المُخَصِّبات.

يُستَخْلَصُ الكَرّاغينان والألجينات من الأعشابِ البَحْريّة وتُستخدَمُ كمُغَلِّظاتٍ لبعضِ الأطعمة.

لمزيد من المعلومات انظر

الخَلايا ص ٣٣٨
التَّخليقُ الضَّوئيّ ص ٣٤٠
نِظامُ النَّقلِ في النَّبات ص ٣٤١
التنفُّسُ الخَلويّ ص ٣٤٦
التكاثُرُ اللّاجنسيّ ص ٣٦٦
التناسُلُ الجنسيّ ص ٣٦٧
حَقائقُ ومَعلومات ص ٤٢٠

الصَّنَوبريَّات

الصَّنَوبريَّاتُ (أو المَخْروطيّات) لا تُزهِرُ ولا تَنْبُتُ من أبواغ، فكيف تتكاثر؟ والجوابُ هو أنّها تُكوِّنُ مخاريطَ (أكوازًا)؛ والمخروطُ ينتِجُ إمّا خلايا ذكريَّةً أو خلايا أُنثيَّة، وتُنقَلُ الخلايا الذكريَّةُ إلى الأنثويّة لِتكوين البُزور. والبزورُ، بخلافِ الأبواغ، كاملةٌ بِمدَدِها الغذائيّ لِلإنْتاش. هنالك حوالى ٥٥٠ نوعًا من الصَّنوبريَّات كُلُّها تقريبًا شجَريَّةٌ، كأنواع التَّنوب (الشُّوح) والصنوبَر، مُعظمُها ذو ورقٍ عَسيٍّ رفيع، حَرْشَفيّ أو إبْريّ، يَحتمِلُ البَرْدَ القارس. وفي بعضِ مناطق العالَم القاسيةِ بَرْدِ الشتاء تؤلِّفُ الصنوبريَّاتُ حِراجًا تمتدُّ على مَدى الأُفُق.

يُسقِطُ الكوزُ الذكريُّ الطريُّ ملايين حُبَيْبات الطَّلْع (الخلايا الذكريّة) في الهواء.

الأكوازُ الأُنثويّةُ الفتيّة تَستوي قائمةً على الأغصان؛ فيتِمُّ إخصابُ خلاياها الأُنثويّة بِحُبَيْبات اللِّقاح الذكريّة الساقطةِ عليها من الهواء.

الأكوازُ الأُنثويّةُ التامّةُ النُّموّ تتدلّى من الأغصان، وعندما تطلَقُ البُزورُ المُجنَّحة تتطايرُ بعيدًا.



صَنَوْبَرُ الشيلي (مَتاهةُ القُرود)

صَنَوبرُ الشيلي (أَرُوكاريا أوراكانا) من الصَّنَوبريّات غير العاديّة. فهو ثُنائيُّ المَسكَن تنمو أكوازُهُ الذكريّةُ والأُنثويّةُ على أشجارٍ مُنفَصلة، وأوراقُه جِلديّةٌ حادّة.

تنغلِقُ الحَراشِفُ في طقسٍ رَطْب.

تتفتّحُ حراشِفُ الصَّنَوبر في الطقس الجافّ لِتُطلِقَ بُزورَها.

كُلُّ حرشفةٍ تحمي زوجًا من البُزور المُجنَّحة.

الأكوازُ والبُزور

الأكوازُ التامّةُ النُّموّ حاملةُ البُزور مُتعدِّدةُ الأشكالِ والأحجام - مُعظمُها خَشَبيّ، لكنّ بعضَها طَريٌّ زُعروريُّ الشَّكل. أكوازُ الصَّنَوبر والراتينجيّة (بِيْسِيا) تَسقُطُ غالبًا بكامِلها على الأرض، لكنّ كِيزانَ الأرْزِ والتَّنُّوب تتفتّحُ ببطءٍ على أغصانها.

شجرةٌ بالغة

كُوز

بُزرةٌ داخلَ كُوز

بُيَيْضة

حُبَيْبات اللِّقاح

الإخصاب

دورةُ حياةِ صَنَوبريّةٍ نَموذجيّة

مَصْيَدةٌ كَهْرمانيّة

احتُبِسَ هذا العنكبوتُ وحُفِظَ مُنذ ملايين السِّنين في الكهرمان - النُّسغِ الراتينجيّ المُتحجِّر. فالراتينجُ شديدُ اللُّزوجة تَستخدِمُه الصَّنَوبريّاتُ لِصَدِّ الحشرات عن نَخْرِ خَشَبِها. لِحاءُ الشجرةِ الصَّنَوبريّة يَبُزُّ هذا الراتينجَ إذا جُرِح، فيَحْبِسُ الحشراتِ أو العناكِبَ التي تُلامِسُه.

راتينجيّةُ سيتْكا

غدت راتينجيّةُ سيتْكا (بِيْسِيا سِيتْكِنْسِز)، من صَنَوبريّات أمريكا الشماليّة، تُشجَّرُ حِراجًا في جميع أنحاءِ العالم - لِلإفادةِ من خَشَبِها الجيِّد ولِصُنعِ الوَرَق. وهي أُحاديّةُ المَسكَن لها أكوازٌ ذكريّةٌ وأُنثويّةٌ على الشجرةِ نَفْسِها. ويُمكِنُ تعرُّفُ أنواعِ البِيْسِيا من أوراقِها الإبريّةِ الصُّلْبةِ المُتَّصِلةِ بأوتادٍ صغيرة على أغصانها. كما يُمكِنُ تَلَمُّسُ هذه الأوتادِ على غُصنٍ عتيقٍ تساقطَتْ أوراقُه.

الصَّنَوبريّاتُ القديمة

صَنَوبرُ أمريكا الشماليّة الهُلْبيُّ الكِيزان (بِيْنَس لُونجيفا) هو أقدمُ الأشجار الحيّة في العالَم. ويبلغُ عُمْرُ بعضِ المُتبقّي منها أكثرَ من ٦٠٠٠ سنة! ويَعكِفُ العُلماءُ على دِراسةِ سُمْكِ حَلَقاتِ النُّموّ في جُذوعها لِيتعرَّفوا تقلُّباتِ مُناخِ العالَم عَبْرَ السِّنين.

أوراقُ الطُّقْسوس (تَكْسوس باكّاتا) الإبريّةُ المُسطَّحةُ تنمو على جانبَيِ الغُصنِ المُتقابِلَيْن.

أوراقُ صَنَوبر اسكُتلندا (بِيْنَس سِيلْفِسْتريس) إبريّةٌ رَفيعة تنمو أزواجًا.

أوراقُ الشَّكُويةِ العملاقةِ (سِكويادِنْدْرون جِيجَنْتِيُوم) دقيقةٌ حَرْشَفيّةُ الشَّكل تكادُ تمتدُّ مُتكتِّلةً على الأغصان.

أوراقُ اللاّرِكْس الأرزيّة (لارِكْس ديسِدْيُوا) تنمو في عناقيدَ وتسقُطُ في الخريف.

أوراقُ الصَّنوبريّات

معظمُ الصَّنَوبريّات ذاتُ أوراقٍ صغيرةٍ جلديّةٍ تدومُ سنةً أو أكثر، وهي ليستْ كُلُّها إبريّةَ الشَّكل. فالكثيرُ منها قصيرٌ مُسطَّحٌ يُعرَفُ بالحراشِف. ومِنَ الصَّنَوبريّات قِلّةٌ تُسقِطُ أوراقَها في الخريف، منها أرزيّةُ اللاّرِكْس وسَرْوُ المُستَنقعات (تاكسوديوم ديستِكوم).

لمزيد من المعلومات انظر

المُناخاتُ المُتغيِّرة ص ٢٤٦
الزَّهريّات (النباتات الزَّهريّة) ص ٣١٨
نِظامُ النَّقْل في النبات ص ٣٤١
النُّموُّ ومَراحِلُه ص ٣٦٢
غاباتُ المِنطقةِ المُعتدِلة ص ٣٩٦
حقائق ومَعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢

الزَّهْريَّات (النباتاتُ الزهريَّة)

الأزهارُ بروائحها الزكيَّةِ وأشكالِها البديعةِ وألوانِها الجذَّابة مُتعةٌ جماليَّةٌ لِلإنسانِ مُنذُ القِدَم. لكِنَّ الأزهارَ ما تنشَّأتْ لِتُمتِّعَنا - بل هي تطورَتْ كوسيلةِ تناسُلٍ بأعضائها الذكَريَّةِ (الأسْدِيَة) الخَيطيَّة التي تحملُ حبوبَ اللَّقاح، والأُنثويَّةِ (المِدقَّة) التي يَتلقَّى مِيسَمُها حُبوبَ اللَّقاح، فيوصلُها عَبْرَ القَلَم لإخصابِ البُيَيْضات في المَبيض. وقد تَحوي الزَّهرةُ كِلا الأسديةِ والمِدقَّة أو تَقْتصِرُ على أحدِها. الزَّهريَّاتُ أنواعٌ تزيدُ على ٢٥،٠٠٠؛ وتُقسَمُ إلى فِئتَيْن رئيسيَّتَيْن - ذَواتِ الفِلْقَتَيْن، والوحيدة الفِلْقَة. تتميَّزُ الثانيةُ بالفِلْقةِ الواحدةِ في جَنينِ بِذْرَتِها وبالتعريقِ المُتوازي في أوراقِها الطويلة؛ بينما بُذورُ الأُولى ثُنائيةُ الفِلْقَةِ ومُتشابكةُ تَعريقِ الأوراق.

حُبَيْباتُ اللَّقاح من أزهارٍ أُخرى تَعْلَقُ على المِيسَم (السِّمَة). فزهرةُ الخشخاش يمتنعُ فيها إخصابُ البُيَيْضاتِ ذاتيًّا باللَّقاح من مآبِرِ أسديتِها.

تُنْتِجُ حُبَيْباتِ اللَّقاح (غُبارَ الطَّلْع) في مآبِرِ الأسدِيَة فتَلْتَهِمُ الحشراتُ الزائرةُ بَعْضَه، وتنقُلُ قِسْمًا منه إلى أزهارٍ أُخرى.

بُرْعُمُ زَهرةِ الخَشخاش تحميه وُرَيْقتان كأسيَّتان وهما تَسْقُطان بعد تفتُّحِ الزَّهرة. زَهرةُ الخَشخاشِ المُتفتِّحة تَذوي في اليوم التالي.

تُوَيجيَّاتُ الخَشخاش (المنثور) الزاهيةُ الألوانِ تَجْتَذِبُ النَّحْلَ والخنافسَ والذُّباب.

الخَشخاشُ من ذَواتِ الفِلْقَتَيْن، أوراقُه شَبَكيَّةُ العُروق، وأزهارُه رُباعيَّةُ التُّوَيْجيَّات كالكثيرِ من ذَواتِ الفِلْقَتَيْن.

الخَشْخاشُ الشّائع

الخَشْخاشُ الشّائعُ (البرقوقُ أو الشَّقيق) نَبْتَةٌ زَهريَّةٌ حَوْليَّةٌ نَموذجيَّة؛ تَنمو وتُزْهِرُ وتُبْذِرُ وتموتُ في مَوسِمٍ واحد. النَّباتاتُ الحَوْليَّةُ سَريعةُ النُّمُوِّ في أيِّ بُقْعةٍ مَكشوفةٍ من الأرض. فالبزورُ المُنتَثِرةُ تَبْقى هاجِعةً حتّى تُصبِحَ الأحوالُ مُلائمةً للإنتاش. وقد يَستغرِقُ ذلك أحيانًا عِدَّةَ سَنوات. أمّا النباتاتُ المُعَمِّرةُ فتَعيشُ أكثرَ من مَوسِمٍ واحد؛ وهي ذاتُ جُذورٍ مُتطوِّرة - يَختزِنُ بَعضُها الغِذاءَ تحت الأرض في بُصَيلاتٍ أو عَساقيل. بعضُ المُعمَّرات يُزهِرُ مَرَّةً واحدةً، لكِنَّ مُعظمَها يُزهِرُ سَنويًّا.

أزهارٌ مُنْفَصِلةُ الجِنْس

خِلافًا لِزَهرةِ الخَشخاشِ الخُنثى (التي تَحوي أعضاءَ التذكيرِ والتأنيثِ معًا)، فإنَّ نَبْتةَ الخِيار (كيُوكُومِس سَاتِيفُس) ذاتُ أزهارٍ ذكَريَّةٍ أو أُنثويَّةٍ مُنفصِلة. أمّا نَبْتةُ الكيوي المُثْمِرةُ (أكتينيديا تشاينِنْسِيس) فأزهارُها أُحاديَّةُ الجِنْس إمّا ذكَريَّةٌ أو أُنثويَّة.

نَبْتةُ الخِيار

زَهرةٌ ذكَريَّة

زَهرةٌ أُنثويَّة ذاتُ مُبَيضٍ طويل.

التلقيحُ الرِّيحيّ

يَتِمُّ تأبيرُ (تَلقيحُ) النباتاتِ العُشبيَّةِ بواسطةِ الرِّيح، إذْ تتدلَّى مآبِرُها فتَذْرو الرِّيحُ غُبارَ الطَّلْعِ منها في الهواء. وتُشكِّلُ العُشْبيّاتُ إحدى كُبْرَيات فصائلِ النباتاتِ الأُحاديَّةِ الفِلْقَة.

الأشجارُ والزَّهر

الشَّجرةُ نَبْتةٌ ذاتُ جِذْعٍ خَشبيٍّ طويلٍ مُفْرَد. بعضُ الأشجارِ صَنوبريَّةٌ إبريَّةُ أو حَرْشَفيَّةُ الأوراق؛ ومئاتٌ أُخرى من الزَّهريّات عريضةُ الأوراق. أشجارُ الكَرَزِ تَنتمي إلى الفصيلةِ الوَرْديَّةِ من الزَّهريّات.

شجرةُ كَرَزٍ مُزْهِرةٌ (پرونُس سرُّولاتا)

زُهَيراتُ القُرْص الصفراءُ تُنتِجُ غُبارَ اللَّقاحِ والبُوَيضات.

زُهَيراتٌ شُعاعيَّة

زَهرةٌ مُركَّبة

زَهرةُ الأُقْحُوان (بِلِّيس پريِنِّس) زَهرةٌ مُركَّبة، يتألَّفُ رُؤَيْسُها من زُهَيراتٍ عديدةٍ صَفراءَ لاطِئةٍ في قُرْصٍ وسَطيٍّ تُحيطُ به زُهَيراتٌ شُعاعيَّةٌ حافيَّةٌ تَحمِلُ كُلٌّ منها تُوَيجيَّةً (بَتْلةً) واحدةً بيضاء.

النَّباتاتُ الطُّفَيْليَّة

بعضُ النباتاتِ تَختلِسُ كُلَّ غِذائها أو بَعْضَه من سِواها. فجُذورُ الهَدال (فِيسْكُوم أَلْبُم) تَخترِقُ أغصانَ الشَّجرِ وتَمتَصُّ نُسْغَها. والهَدالُ جُزْئيُّ التطفُّل، إذ إنَّهُ قادرٌ أيضًا، بأوراقِه الخضراء، على تَصنيعِ الغِذاءِ بالتخليقِ الضوئيّ. أمّا الرَّفْليزيا، بزَهْرَتِها العِملاقة، المُبيَّنةِ على الصفحةِ المُقابِلة، فهي نَبْتةٌ طُفَيْليَّة بالكامِل.



التَّلقيحُ بالحَشَرات

بالمُقارَنةِ مع الخَشخاش، فإنَّ القِمعيَّةَ الأُرجوانيَّة (دِيجِتالِس پُورپُوريا) ذاتُ أزهارٍ مُعقَّدة حقًّا. فتُوَيجاتُ الزَّهرةِ مُلتحِمةٌ معًا كالقِمع، وتمتدُّ أعضاءُ التذكيرِ والتأنيثِ تحت سَقْفِ القِمع. إنَّ تَنشُّؤَ الشَّكلِ هذا يسمحُ لِجنسٍ واحدٍ من الحَشَرات، هو النَّحلُ الطنّانُ، بتلقيحِ الزَّهرة. في زَهرةِ القِمعيَّةِ تنضجُ المآبِرُ والسِّمَةُ (الميسَم) في أوقاتٍ مُتفاوِتةٍ بحيث يمتنِعُ التلقيحُ الذاتيُّ فيها. وعندما تدخُلُها نَحلةٌ طنّانةٌ فهي إمّا أن تجمَعَ اللّقاحَ عن مِئبَرٍ ناضِج، أو تمسَحَ اللّقاحَ العالِقَ بها من غيرِ زَهرةٍ على السِّمَةِ الناضِجة. وتتكرَّرُ هذه العمليَّةُ مع تنقُّلِ النَّحلةِ من زَهرةٍ إلى أخرى.

زَهْرةٌ عِملاقة

تعيشُ نَبْتةُ الرَّفليزيا مُتطفِّلةً بالكامِلِ على جُذورِ الدَّوالي (الكَرْمة) في جنوبيّ شَرقِ آسيا. ويبلغُ قُطرُ زهرتِها قُرابةَ المِتر، وهي الأثقلُ بين أزهارِ العالَم. وتُنبَعِثُ منها رائحةٌ قويَّةٌ كرائحةِ اللَّحمِ الفاسِد تجتذِبُ الذُّبابَ المُلقِّح.

حُبَيباتُ اللّقاح

حُبَيباتُ اللّقاحِ مِجهريَّةٌ غالبًا لكنَّها شديدةُ المَتانة، ويُغطِّي سُطوحَها عادةً أنماطٌ مُعقَّدةٌ من النُّتوءاتِ والتجاويف تختلفُ باختِلافِ أنواعِ النَّبات. بعضُ حُبَيباتِ اللّقاحِ التي تنثُرها الرِّياحُ لها شِبهُ أشرِعةٍ دقيقةٍ تسوقُها الرِّياح.

(تارْسيپِس رُسْتراتُوس)

التَّلقيحُ بواسطة الحيوانات

أوپوسوم غربيّ أُستراليا الصغير (تارسيپِس رُستراتُوس) يعتمِدُ في غِذائه بالكامِلِ على الرحيقِ وحُبَيباتِ اللّقاح. يَمُدُّ الأوپوسومُ لِسانَه الطويلَ الحرِشَ إلى أعماقِ الأزهار، فتُمسَحُ حُبَيباتُ اللّقاحِ من المآبِرِ على وَبَرِه بينما يَعْلَقُ على الميسَم حُبَيباتُ لَقاحٍ نقلَها من أزهارٍ أخرى. كذلك تقومُ الخفافيشُ بتلقيحِ أزهارِ العديدِ من أجناسِ الأشجارِ الإستوائيَّة.

إنْتِشارُ البُزور

النَّباتاتُ مُستقِرَّةٌ لا تستطيعُ الحَرَكة، لكنَّها طوَّرتْ أساليبَ فَذَّةً لانتشارِ بُزورِها في كُلِّ مَكان. فبُزورُ زَهرةِ الربيعِ (پرِمْيُولا ڤُلْجارِس) مُزوَّدةٌ بجُسَيماتٍ غِذائيَّةٍ خاصَّةٍ مُلتصِقةٍ بها. فتحمِلُها النَّملُ لتغتذيَ بتلك الجُسَيمات "غارِسةً" البُزورَ في أماكنَ مُختلِفة.

الإخْصاب

تتَّحِدُ نَوى الخلايا الذكريَّةِ والأنثويَّةِ معًا قبلَ تكوُّنِ البُزور. فعندما تَعْلَقُ حُبَيبةُ اللّقاحِ على مِيسَمِ زَهرةٍ من النوعِ ذاتِه، تُنبِتُ الحُبَيبةُ بسُرعةٍ أُنبوبًا دقيقًا عَبْرَ الميسَمِ والقَلَمِ إلى البُيَيضة. ويتمُّ التلقيحُ عندما تتَّحِدُ النَّوى الذكريَّةُ بالنَّوى الأنثويَّة، فيَحدُثُ الإخصاب.

لمزيدٍ من المعلومات انْظُر

الخَلايا ص ٣٣٨
التَّخليقُ الضَّوئيّ ص ٣٤٠
نِظامُ النَّقلِ في النَّبات ص ٣٤١
النُّموُّ ومَراحِلُه ص ٣٦٢
التَّناسُلُ الجِنسيُّ ص ٣٦٧
حَقائقُ ومَعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢

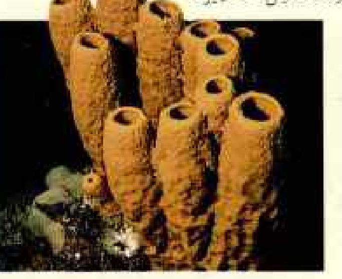
قَناديلُ البَحْر والشَّقائق البَحْريَّة والمَرْجانيّات

قَناديلُ البَحْر والشَّقائقُ البَحْريَّةُ والإِسْفَنْجُ حيواناتٌ لافَقارِيَّة (عديمة الصُّلب). تُؤلِّفُ اللَّافَقارِيّاتُ حوالى ٩٧ بالمئة من جميع أنواع الحيَوان على الأرض، وتُوجَدُ بأنماطٍ وأشكالٍ شاسِعةٍ مَدى التبايُن، وأساليبُها في الاغتِذاء والتَّناسُل مُختلِفةٌ ومُتعدِّدة. والكثيرُ من اللَّافقاريّات مائيُّ العَيش - بعضُها يَقضي حياتَه البالِغة سابحًا أو مُنجرفًا مع التيّار، بينَما يَظَلُّ البعضُ الآخر مُثبَّتًا في بُقعةٍ واحِدة. والحيواناتُ الحَزازيَّةُ والإسفَنْجيّات تَرْشَحُ غِذاءَها من الماءِ، أمّا قناديلُ البَحْر والشَّقائقُ البحريَّةُ والمَرْجانيّات فهي من شُعبة النِّيداريّات (القَرّاصات) التي تُهاجِمُ فرائسَها بخُيَيْطاتٍ لاسِعَةٍ. والنِّيداريّات كُلُّها مُدَوَّرةُ الأجسام دونَ رأسٍ أو ذَيلٍ، وذاتُ تجويفٍ هَضْميٍّ وَحيدِ الفُتْحة.



مُستعمرةُ حيواناتٍ حَزازيَّة

تبدو المُستعمرةُ الحيوانيَّةُ الحَزازيَّةُ، بالعَيْن المُجرَّدة، أشبهَ بِنَبْتة. وهي، في الحقيقة مَجموعةٌ من آلافِ الحيواناتِ الدقيقة، يعيشُ كُلٌّ منها داخِلَ حُجَيرةٍ صُلْبَةٍ، ويَختَبِسُ طعامَه بحَلَقةٍ من اللوامِس حَوْلَ الفُتْحةِ الوحيدة. وإذا أُزعِجَ الحيوانُ تنكَمِشُ لَوامِسُه داخِلَ الحُجَيرة.



العامَّةُ (العوّامة) هي مُرْجَلَةٌ مُفرَدةٌ مليئةٌ بالغاز تعمَلُ كالشِّراع

الشُّونَةُ البُرْتُغاليَّةُ (فيزاليا فيزاليا) هي نِيداريٌّ نَموذَجي



الإسفَنْج

هل تَعلَمُ أنَّ بعضَ أنواعِ إسفَنْجِ الحمّام كان فيما مَضى حيوانًا بَحريًّا حيًّا؟ الإسفَنْجُ الحيُّ مُبَطَّنٌ بخلايا خاصَّةٍ مِضَخِّيَّةِ الفِعْل، فيسري الماءُ عَبْرَ ثُقوبِ الإسفَنْج إلى الداخِل، ويخرجُ عَبْرَ فُتْحةٍ خاصَّةٍ إلى الخارج بعد ترشيحٍ واحتباسِ أيِّ طعامٍ سابحٍ فيه بمَصافٍ دقيقةٍ إعدادًا لامتصاصه.



النِّيداريّات

العامَّةُ الزَّرقاءُ الكيسيَّةُ الشَّكْلِ لِشُونةٍ بُرتُغاليَّةٍ نَذيرُ خَطَرٍ للحيواناتِ البَحْريَّة وللسّابحين الذين يُقارِبونَها. إنَّ قنديلَ البَحْر الحقيقَ هو، في الواقِع، حيَوانٌ مُفْرَدٌ يَسيرُ عَبْرَ الماء بحركةٍ نَبّاضة. لكنَّ الشُّونةَ البُرتُغاليَّةَ هي مُستعمرةٌ طافيةٌ من حيواناتٍ عديدةٍ من المُرْجَلاتِ تعيشُ وتعمَلُ معًا. بعضُ هذه المُرْجَلاتِ يُكَوِّنُ لوامِسَ طويلةً تَلْسَعُ الفرائسَ وتَرفَعُها إلى الداخِل، وبعضُها مُتَخصِّصٌ بِهَضْمِ الطعام، بينما يَقومُ البعضُ الآخَرُ بوظيفةِ التكاثُر.

مُرْجَلة (بُولِيب)

بَرقانة

قِنْديلُ البَحْر (مِيدُوزة)

بُيَيْضة

إخْصابٌ خارجَ الجِسْم

نُطْفة

دَورةُ حياةِ نِيداريٍّ نَموذَجي

يَصِلُ طولُ لوامِسِ الشُّونَةِ البُرتُغاليَّة، مُنْبَسِطةً بالكامِل، إلى ٢٠م. وإذا ما اصطادَ لامِسٌ سمَكةً ينكَمِشُ ليَسْحَبَها صُعُدًا.

المَرْجانيّات

بعضُ المَرْجانيّاتِ تعيشُ فُرادى، وبعضُها الآخَرُ ينمو في مُستعمراتٍ كبيرة، ويتراكَمُ ببطءٍ طبقةً فوقَ طبقةٍ مُشكِّلًا شِعابًا مَرْجانيَّة. والمَرْجانُ لَيليُّ الاغتِذاءِ غالبًا، فتَلتَقِطُ لوامِسُه جُسَيماتِ الغِذاء وتَجُرُّها إلى تجويفِه الهَضْمي.

لِمَزيدٍ من المعلومات انظُر

الكائناتُ الحيَّة ص ٣٠٥

النُّمُوُّ ومَراحِلُه ص ٣٦٢

التكاثُرُ اللاجِنسيّ ص ٣٦٦

التَّناسُلُ الجِنسيّ ص ٣٦٧

الشَّواطئ ص ٣٨٥

حَقائقُ ومَعلومات ص ٤٢٠





الشَّقائقُ البَحريَّةُ تعيشُ فُرادى أو في جَماعاتٍ صغيرة.

خارجَ الماء

تحتَ الماء

الشَّقائقُ البَحْريَّة

إذا استطلَعْتَ شاطِئًا صَخريًّا بَعْدَ الجَزْر، فقد تَجِدُ أحيانًا نَوافِطَ هُلاميَّةً صغيرةً لَزِجَةً لاصِقةً بالصُّخور - لعلَّها شقائقُ بَحْريَّة. ويُثَبِّتُ شُقَّيقُ البَحْر بالصَّخر قُرْصٌ مَصّاصيّ. ويَنْشُرُ الشُّقَّيقُ حَلَقةَ لوامِسِه تحتَ الماءِ لِتَصيُّدِ الحيواناتِ العابرةِ بالجِوار مُهاجِمًا إيّاها بِحُوَيْصِلاتِه الخَيطيَّة (خيوطِه اللّاسِعة). أمّا أثناءَ الجَزْر فيسحبُ شُقَّيقُ البَحْر لوامِسَه إلى الداخِل حتّى لا تَجِفّ.

لَسْعُ قِنْديلِ البَحْر

لوامِسُ قِنديلِ البَحْر مُغَطّاةٌ بخَلايا خاصَّةٍ تَحوي خيوطًا لاسِعةً وثيقةَ اللَّفِّ تُدعى حُوَيْصِلاتٍ خَيْطِيَّة. فإذا لامَسَ حيَوانٌ عابرٌ إحدى تلك الخلايا، تَتَفَجَّرُ الحُوَيصِلاتُ الخَيْطيَّةُ نحوَ الخارج، وفي غُضُونِ جُزءٍ من الثانية تنقلِبُ الخيوطُ باطِنُها ظاهِرُها طاعِنةً الفريسةَ بِنِهاياتِها الحادَّة. مُعظَمُ الحُوَيصِلاتِ الخَيطيَّةِ يَحْقِنُ الفريسةَ بالسُّمّ، لكنَّ بعضَها يَلْتَفُّ حَوْلَ الفريسةِ لِمَنعِها من الإفلات.



الدِّيدان

إذا سِرتَ على شاطِئِ البَحْرِ بَعْدَ الجَزْر، فقد تُشاهِدُ لَفائفَ من الرَّمل المُوحِلِ أشبَهَ بمعجون أسنانٍ انبثقَ من أنبوبه. وهي في الواقِعِ فَضَلاتُ ديدانٍ عُرَوِيَّةٍ حَلَقيَّةٍ خَبيئةٍ تحتَ سَطح الرِّمال. هذه الدِّيدانُ حيواناتٌ ذاتُ جِسْمٍ طويلٍ مُسَدَّفٍ إلى حَلقاتٍ عديدة؛ وهي كالخَراطين (ديدانِ الأَرْض) والعَلَقِ تَنْتمي إلى شُعْبةِ الحَلْقيّات (الديدان المُسَدَّفة) التي تؤلِّفُ قِسْمًا صغيرًا من الديدان التي كُلُّها حيواناتٌ لافَقاريَّة. هنالك شُعْبتانِ أُخريان كبيرتان من الديدانِ هُمَا شُعْبَةُ الديدان المُسَطَّحةِ وشُعْبَةُ الديدان المُدَوَّرة (المَمْسُودة)؛ وكِلتاهما غيرُ مُسَدَّفةٍ يعيشُ الكثيرُ منها طُفَيليًّا داخِلَ الحيَواناتِ الأُخرى. والديدانُ الطُّفَيليَّةُ عامَّةُ الانتِشار في الحيواناتِ البَرِّيَّةِ لكنَّها تَغْزو أيضًا الحيواناتِ الدَّاجِنَةَ والمُدَلَّلة. ويَتَسبَّبُ بعضُها في أمراضٍ تُصيبُ الإنسانَ كالعَمى النهري (داء كلاَّبيَّة الذَّنَب) وداءِ الفيل.

فَضَلاتٌ من الرَّمل والوَحْل

تفاصيلُ رأسِ الشَّريطيَّة (الدودة الوحيدة)

زَوائدُ خُطّافيَّة

مَمَصّات

الديدانُ المُسطَّحة

جِسْمُ الشَّريطيَّة (الدودة الوحيدة) المُسَطَّحُ أشبَهُ بسِكَّةٍ طويلةٍ لِصُنْعِ البُيوض. تعيشُ الدودةُ في أمعاءِ الحيواناتِ المُضيفة، كالقِطط والكلاب، مُتشبِّثةً بها بواسطة المَمَصّات والخَطاطيف في رأسِها. تمتصُّ الشريطيَّةُ الغذاءَ من عائلِها (المُضيف) وتُطلِقُ البُيوضَ في أكياسٍ تنفصِلُ عن جِسْمِها.



دَورةُ حياةِ دُودةٍ مُسَدَّفةٍ نَموذَجيَّة

الحَلْقيّاتُ العائشةُ على اليابسةِ تنْمُو عادةً داخِلَ البُوَيضاتِ ثُمَّ تفقِسُ ديدانًا مُكتمِلةَ التكوين.

الحَلْقيّات

الدُّودةُ العُرَويَّةُ (أرينيكولا مارينيما) دودةٌ مُسَدَّفةٌ تُقضي مُعظَمَ حياتِها في جُحْرٍ نُونيِّ الشَّكْلِ تَحفِرُه في الرَّمل المُوحِلِ وتُبطِّنُه بالمُخاط كيلا يَنهار؛ وهي تغتذي بِضَخِّ المياهِ عَبْرَه. تبتلِعُ الدودةُ الجُسَيْماتِ التي تحملها المياهُ وتهضِمُ مُحْتَوياتِها العُضْويَّة. ومن حينٍ لآخَر تعكِسُ الدودةُ مَسارَها في الجُحْرِ حتى يبلغَ ذيلُها السَّطحَ، فتَذْرِقُ فَضَلاتِ الرَّملِ والوَحْلِ اللفائفيَّةَ عليه.

تُساعِدُ الخراطينُ في إخْصابِ التُّربَة – فهي بحَفْرِها طبقاتِ التُّربة وتخليطِها تُتيحُ تهويتَها وتَخلُّلَ الماءِ فيها.

الخُرطونُ العملاقة

أستراليا هي مَوطِنُ الخُرطونِ العملاقة (ميجاسكوليدس أوستراليس) التي قد يَزيدُ طولُها على ٣ أمتار. وتعيشُ هذه الديدانُ، كأقاربِها الأصغر، بابتِلاعِ الترابِ وهَضْمِ مُحتوياتِه العُضويَّة.

الفئرانُ البحريَّة

الفارةُ البَحريَّةُ المُسَدَّفةُ (أفروديت أكُيولياتا) هي دودةٌ لا تُشبِهُ الديدانَ شَكْلًا. فهي بحَجْمِ قَبْضة يَدِ شخصٍ بالغ، ذاتُ جِسْمٍ مُفلطَحٍ عريضٍ مُغَطًّى بالهُدْب. هذه الفئرانُ تحْفِرُ جُحورًا في الوَحْلِ والرَّمْلِ في قاعِ البَحْرِ وتأكُلُ ما يُصادِفُها من الحيواناتِ الصغيرة.

المُعالَجةُ بالعَلَق

جِسْمُ العَلَقةِ مُسَدَّفٌ ذو مَمَصٍّ في كلا طَرَفَيْه. يغتذي الكثيرُ من أنواعِ العَلَقِ بالدَّم؛ فيُفْرِزُ، بَعْدَ العَضِّ، مادَّةً كيماويَّةً مانِعةً للتَّجلُّط. وكان الأطباءُ فيما مَضى يَستخدمونَ العَلَقَ لِفَصْدِ الدَّم من المَرْضى.



بإستطاعةِ العَلقةِ أنْ تَمتصَّ بسُرعةٍ كمّيةً من الدَّم تساوي ثلاثَ أو أربعَ مرّاتٍ وَزْنَها.

المَمْسُودات (الدِّيدانُ المُدَوَّرة)

تعيشُ الديدانُ المُدَوَّرة طُفَيليًّا أو مُسْتقِلَّةً، مُختبِئةً عادةً؛ وتتواجَدُ بأعدادٍ هائلةٍ في التُّربةِ وفي النباتات. ويقولُ عُلماءُ الأحياء أنّه لو أُزيلَتْ أشجارُ حَرَجةٍ وتُرِكَ ما عليها من ديدانٍ مُدَوَّرةٍ لَظَلَّ موقِعُ الحرجةِ بيِّنًا للعيان.

الصَّفَريَّةُ البَشَريَّة (أسكاريس لمبريكويدس).

ديدانُ الصُّدوع

ديدانُ الصُّدوعِ العملاقةُ هذه شُوهِدَتْ للمَرَّةِ الأولى عام ١٩٧٧. فهي تستوطِنُ قاعَ البَحْرِ حَوْلَ فُوَّهاتٍ تتدفَّقُ منها المياهُ المُسَخَّنةُ بُركانيًّا عَبْرَ قِشرةِ الأرض. تحوي هذه الديدانُ ضَرْبًا من البكتيريا يَستمِدُّ الطاقةَ من كيماويّاتِ تلك المياه.

لمزيد من المعلومات انْظر

الهَياكِلُ الدّاعمة ص ٣٥٢
الأعْصاب ص ٣٦٠
النُّموُّ ومَراحِلُه ص ٣٦٣
التَّناسُلُ الجِنْسيّ ص ٣٦٧
المُحيطات ص ٣٨٦
حقائقُ ومَعلومات ص ٤٢٠

المَفْصِليَّات

أكبرُ شُعَبِ اللَّافقاريّات هي المَفْصِليَّات. وهي حيواناتٌ مُتمَفصِلَةُ الأطراف، مُسْدَّفةُ الجِسْم ذاتُ هيكلٍ خارجيٍّ (قِشْرةٍ صُلْبة خارجيَّة). وهذا الهيكلُ مُتَمَفصِلٌ أيضًا بحيث تَنْثَني أجزاؤه لِتَسْمَحَ لِلحيوان بالحَرَكة. وخِلالَ النُّمُوِّ يَطْرَحُ الحيوانُ هيكلَه القِشْريَّ هذا، من حينٍ لآخر، لِيَتَيَسَّر لِجسمِه النموُّ والتَّمَدُّد. أنواعُ المَفْصِليَّاتِ المعروفةُ لدى عُلماءِ الأحياء تَفُوقُ المليون، مِمَّا يجعلُها أضخمَ مجموعةٍ من الأنواع الحيوانيَّةِ على الأرض. تَضُمُّ طائفةُ الحَشَراتِ قُرابةَ ٩٠ بالمئة من هذه الأنواع، وتَتوزَّعُ باقي أنواع المَفصليَّات على طوائفِ العنكبيَّات والقِشْريَّات - (كالسَّرطان والكركَند) وكثيراتِ الأرجُل (مُزْدَوِجات الأقدام - أَلْفِيَّةِ الأرجُل، وشَفَويَّة الأقدام - مِئويةِ الأرجُل).

تعيشُ السَّرطاناتُ (الشَّلطعونات) العَنكبيَّةُ العِملاقةُ في قاعِ البَحْر. إنّ قِشرةَ الهيكل فيها مُعَزَّزةٌ بالكالسيوم مِمّا يجعلُها صُلْدَةً بالغةَ المَتانة.

لَيْسَ لِلمَفْصليّات هيكلٌ عظميٌ باطنيّ.

دَورةُ حياةِ قِشْريٍّ نَموذَجيّ

سَرطانٌ بالِغ
يَرَقانة
نُطفَة
بُيَيْضة
إخْصابٌ خارجَ الجِسْم
بيوضٌ مُلقَّحة

الزَّوجُ الأوّلُ من أرجُلِ الحريش (أُمّ أربعٍ وأربعين) تطوَّرَ إلى كُلّابتَيْنِ سامَّتَيْن.

القِشْريَّات

يَعيشُ مُعظمُ القِشْريَّات في البَحْر، وهذا يُيَسِّرُ لها النُّمُوَّ إلى أحجامٍ أكبَرَ من مَفصِليَّاتِ اليابِسَة لأنَّ الماءَ، بِدَفْعِه الطَّفوِيّ، يَدْعَمُ هياكلَ أجسامِها الكبيرة. أضْخَمُ القِشْريَّات هي السَّرطاناتُ العَنكبيَّة (ماكروكيرا كيمْبْفِري) التي قد تَبْلُغ، مَبسوطةَ الأرجُل، ٣،٥م. بالمُقابِل، فإنَّ بعضَ القِشْريَّات ضئيلُ الحَجم جدًّا؛ فبراغيثُ المياه العَذْبة، وهي من القِشريَّات، لا يزيدُ حَجْمُ الواحدِ منها على نُقْطةِ الكِتابة. هذا وتعيشُ قِلَّةٌ من القِشريَّات، كحِمارِ القَبّان على اليابِسَة وتتنفَّسُ الهواء لكنَّها، عادةً، بحاجةٍ إلى الرُّطوبة.

مُزْدَوِجةُ الأقدام وشَفَويَّةُ الأقدام

مِئويَّةُ الأرجُل وأَلْفيَّةُ الأرجُل تبدو مُتماثلةً تمامًا عن بُعْد؛ لكنْ يُمكِنُكَ التفريقُ بينها بِسُهولة إذا ما تفحَّصْتَها بدِقَّة. فمِئويَّةُ الأرجُل تحمِلُ زَوجًا واحدًا من الأرجُل في كُلِّ شُدْفَة، بينما أَلْفيَّةُ الأرجُل، المُندمِجةُ الشُّدَف زَوجيًّا، تبدو وكأنَّ لها زَوجَيْ أرجُلٍ في كُلِّ شُدفة. كذلك فإنَّ مِئويَّةَ الأرجُل صيّادةٌ تَشُلُّ فرائسَها بِكُلّابتَيْها السامَّتَيْن، في حين تَغْتَذي أَلْفيَّةُ الأرجُلِ بالنباتات المُتَحلِّلَة. ويَنْزِعُ كلا النَّوعَيْن إلى العيشِ في المَناطقِ الرَّطْبةِ المُظْلِمة.

يتألَّفُ جِسْمُ ألفيَّةِ الأرجُل من شُدَفٍ حَلَقيَّةٍ مُنْدمجةٍ زَوجيًّا، فيبدو لها زَوجانِ من الأرجُل في كُلِّ شُدْفة.

العَقارِب

بعضُ العَنكبيَّات يَتعَهَّدُ صِغارَه حتى تستطيعَ تَدَبُّرَ أمورِها بِنَفْسِها. فأُنثى العَقْرب تلِدُ صِغارَها مُكتمِلةَ الشَّكل، فتَمتطي العُقَيرِباتُ ظهرَ الأمّ وتمكثُ عليه مَحميَّةً بِمِخلبِ الذَّنَبِ السامّ. وبعدَ أن تَطْرَحَ الصِّغارُ جِلْدَها لِلمَرَّةِ الأولى تهبطُ من مَخْبَئِها إلى الأرض.

العَنْكَبُ الوَهَقِيُّ يَقْنِصُ فَريسَتَه بواسطة وَهَقٍ دَبِقِيِّ الطَّرَف، بدلًا من الشَّعّ.

العَنْكَبيَّات

العَناكِبُ والعَقارِبُ والقُرادُ والقُمَّلُ تؤلِّفُ طائفةً من المَفْصِليَّات تُدعى العَنكبيَّات - جميعُها تقريبًا تَستوطِنُ اليابِسة، ومُعظمُها صيّادة. العَنْكَبُ الوَهَقِيُّ يَقْنِصُ فَرائسَهُ بِتَدويم وَهَقٍ حَريريٍّ دَبِقِيِّ الطَّرَف في الهواء. فإذا عَلِقَتْ حَشَرةٌ مارَّةٌ بالدَّبِق يَشُدُّها العَنكبُ نحوه ويَلتَهِمُها.

غَزْلُ الشَّعّ

يَنْسُجُ العَنكبوتُ شَعَّه من حَرير غَنِيٍّ بالبروتين. ويتكوَّنُ هذا الحريرُ داخلَ غُدَدٍ خاصَّةٍ في بَطْنِ العَنكبوت ثُمَّ يُدفَقُ سائلًا عَبْرَ فُوهاتٍ دقيقةٍ تُدعى المَغازِل. ويتجمَّدُ الحريرُ السائلُ بِمُلاقاةِ الهواء؛ وقد يَستغرِقُ نَسْجُ شَعٍّ دائريٍّ، كالمُبيَّن هنا، قُرابةَ السّاعة.

يبدأُ العنكبوتُ شَعَّهُ بِمَدِّ خُيوطٍ حريريَّةٍ بين دعائمَ ثابتة. ثُمَّ يتسلَّقُ الخيوطَ مُستخدِمًا الخَطاطيفَ والهُلْبَ على أقدامه.

ثُمَّ يَدُورُ العنكبوتُ ناسِجًا خُيوطًا لَولبيَّةً حتى يكتمِلَ شَعُّه، ثُمَّ يُغطّي الشَّعَّ بِقُطَيراتٍ دَبِقيَّةٍ تَقْنِصُ الحَشَرات.

الحشَرات

لقد حقَّقتِ الحشَراتُ نجاحًا مُتميِّزًا في العيش على اليابِسة. وعزَّزَ ذلك قُدرةُ الكثيرِ من أنواعها على الطيران. فالحشَرةُ الطيّارةُ تستطيعُ التجوالَ في مدًى أوسَعَ، وبذلك يتوفّرُ لها مواردُ أوفرُ من الغِذاء. الزُّنبارُ (الدَّبُّور) حشرةٌ طيارةٌ نموذجيَّةٌ يُقسِمُ الجِسْمُ فيها إلى رأسٍ وصَدْرٍ وبَطْنٍ؛ ولها زوجانِ من الأجنحة وقَرنا استِشْعار.

وهي، كما الخنافِسُ والفراشُ، كامِلةُ التحوُّلِ في مَراحِلِ النُّمُوِّ. تُرَبَّى صِغارُ الزنابيرِ في عُشٍّ برعايةِ الكِبار، لكِنَّ صِغارَ معظمِ الحشَرات تقومُ بشأنِ أنفُسِها. تعيشُ الحشَراتُ البالِغةُ غالبًا في بيئةٍ تختلِف عن بيئتها صغيرةً - فبينما يعيشُ السُّرمان (أبو دَقيق) البالغُ في الهواء، فإنَّ يرقاناتِه مائيَّةُ العيش - عِلمًا أن بعضَ الحشَراتِ مائيُّ العيشِ دومًا.



دورةُ حياةِ حشَرةٍ نَمُوذَجيَّة

حشَراتٌ عديمةُ الأجنحة

السَّمَيْكة (لاحسةُ السُّكّر) حشَرةٌ صغيرةٌ عديمةُ الأجنحة، يُعرف منها حوالى ٣٠٠ نوع. وهي، كسائرِ الحشَراتِ العديمةِ الأجنحة، تَغْتَذي غالبًا بالنباتاتِ المَيْتة. وتعيشُ أحيانًا داخلَ المنازلِ حيث تَغْتذي بفَضَلاتِ الطعام.

الخنافِسُ القاذِفة (الفاسياء)

طائفةٌ الحشَراتِ تَستَخدِمُ وسائلَ مُتباينةً، وغريبةً أحيانًا، في صَدِّ مُهاجميها. فالخُنفساء القاذِفةُ، عند استشعارِ الخطَر، تَزُمُّ بطْنَها فتَمتزِجُ بعضُ الكيماويّاتِ فيه وتتفاعلُ مُفجِّرةً من إستِها بُخارًا سامًّا مُحْرِقًا تقذفُ به مُهاجِمَها.

مُبيداتُ الحشَرات

بعضُ الحشَرات نافعٌ ومُهِمٌّ في التلقيحِ التهجيني (الخَلْطِي) للنباتاتِ المُزْهِرة. وبعضُها شَرٌّ يأكلُ النَّبْتَ ويُلحِقُ أضرارًا بالغةً بالمحاصيل. يَعْمَدُ المُزارعون إلى رَشِّ حقولهم بالمُبيداتِ الحشَريَّةِ للتخلُّصِ من أضرارِ الحشَرات. لكنَّ الكيماويّاتِ المُستعملةَ، لسوءِ الحظِّ، غالبًا ما تقتُلُ الحشَراتِ المُفيدةَ والضّارَّةَ معًا.

أشواكٌ حادَّةٌ في كُلّابَتَي الرِّجلَينِ الأماميتينِ تقبِضُ الفريسةَ المُقتنَصة.

أجنحةُ السُّرعُوفة (فَرَسِ النَّبي) شبيهةٌ بأوراقِ النبات

وأرجُلُها أشبَهُ بالسُّوق

جانْ هِنري فابْر

عالِمُ الحشَراتِ الفرنسيُّ فابْر (١٨٢٣-١٩١٥) أجرى أبحاثًا مُستفيضةً عن حياةِ الحشَرات نشَرَها في سِلْسِلَةٍ من الكُتُب. وقد نجحَتْ مُلاحظاتُ فابْر، ومواهبُه الكتابيَّةُ والتصويريَّةُ الفذَّةُ في إثارةِ اهتِمامٍ عظيمٍ بطائفةِ الحشَرات.

السُّرعوفةُ تهاجِمُ فريسَتَها

السُّرعوفةُ (فَرَسُ النَّبي) بطيئةُ الحرَكة، لِذا تعتمدُ التسلُّلَ والتمويهَ في اصطيادِ فرائسها. فهي تَحُطُّ على النَّبْتةِ طاويةً أجنحَتها ورافعةً رجلَيها الأماميَّين (كمَنْ يرفعُ يديه توسُّلًا)، وتقبَعُ مُنتظِرة. فإذا مَرَّتْ حشَرةٌ في مَدَى الضَّربة قبضَتْها برجلَيها الأماميَّين اللتين تعملان، بأشواكهما الحادَّة (بين الفخذ والظنبوب)، كالمِلْزَمة - فلا تستطيعُ الحشَرةُ خلاصًا.

لمزيد من المعلومات انْظُر
الإبْصار ص ٢٠٤
الزَّهريّات (النباتاتُ الزهريَّة) ص ٣١٨
الدَّم ص ٣٤٨
النُّمُوُّ ومَراحِلُه ص ٣٦٢
الهياكلُ الدّاعمة ص ٣٥٢
الحَرَكة ص ٣٥٦
التّناسُلُ الجِنسيّ ص ٣٦٧
حقائقُ ومعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢

الرِّخْوِيَّات

تؤلِّفُ الرِّخْوِيَّاتُ الشُّعبةَ الكُبْرى الثانيةَ من اللاَّفَقاريَّات. وتَشْمَلُ أكثرَ من ٩٠،٠٠٠ نوع مُعظمُها مائيٌّ، والقليلُ منها يَعيشُ على اليابِسةِ ويَتنفَّسُ الهواءَ. الجِسْمُ في الرِّخْوِيَّات طَرِيٌّ غيرُ مُشدَّفٍ تَقيه غالبًا مَحارةٌ صُلْبَة. تُقسَمُ الرِّخْوِيَّاتُ إلى ثلاثِ طوائفَ أولاها: بَطْنِيَّاتُ الأقدام، وتشمَلُ البَطْلينوسات والقواقعَ والحلزونات البَحْرِيَّة (الوِلْكات)، وهي ذاتُ مَحارةٍ لَوْلَبِيَّةٍ أو هَرَمِيَّةِ الشَّكل؛ وينتمي البَزَّاق إلى بَطنِيَّاتِ الأقدام لكِنَّه غالبًا عارٍ من المَحار. ذواتُ المِصْراعَيْنِ كالصَّدفيَّات وبَلَح البَحْر، هي ثانيةُ الطوائف، وهي رِخْوِيَّاتٌ مُزْدوجةُ الصَّدَفة يَتَّصِلُ مِصْراعاها بمُفَصَّلَة. والطائفةُ الثالثةُ هي رأسِيَّاتُ الأقدام، وتشمَلُ الأُخْطُبوطات والسَّبيدَجات (الحبَّاراتِ الكبيرة)، وهي ذاتُ صَدَفةٍ صغيرةٍ مَخفيَّةٍ داخِلَ الجِسْم.

تَزاوُجُ البَزّاق

يتزاوجُ هذان البَزّاقان مُعلَّقَيْن من خَيْطٍ مُخاطِيٍّ لَزِج. كِلا البَزّاقين خُنْثى (مُزدوج الجِنْس)، فعند التزاوج يتلاقُ جِسْماهما ويتبادَلان النِّطاف عَبْرَ أعضاءٍ تناسُليَّةٍ خاصَّة، ثُمَّ يَضَعُ كُلُّ بَزّاقٍ بيوضَه لاحِقًا. والجِيزةُ الخُنْثَوِيَّة ليسَتْ غريبةً في عالَمِ الرِّخْوِيَّات؛ فبعضُ منها يبدأُ حياتَه ذكرًا أو أنثى ثُمَّ يتحوَّلُ إلى الجِنْسِ الآخر تاليًا.

البَزّاقُ الكبير (ليماكْس ماكسيموس)

قُوَيْقعٌ بالِغ

يَرَقانة

نُطْفَة

بُيَيْضة

إخْصابٌ خارِجَ الجِسْم

بيوضٌ مُلَقَّحة

دَورةُ حياةِ رِخْوِيٍّ نَموذَجِيّ

الإخْصابُ داخليٌّ في قواقعِ اليابِسة. فالصِّغارُ تَنْشَأُ داخِلَ البُيَيْضةِ ثمَّ تَفْقِسُ قُوَيْقعاتٍ صغيرة.

مُنْعَب (مِمَصّ)

تَلْتَفُّ المَحارةُ يَمْنًا (باتِّجاه عقاربِ السّاعة)

المِجَسّان (القَرْنان)

قَدَمٌ عضليَّةٌ كبيرة

بَطْنِيَّاتُ الأَقْدام

الوِلْكُ الشائعُ (بَكْسينوم أنداتوم) رِخْوِيٌّ نَموذَجِيٌّ من بَطْنِيَّاتِ الأقدام؛ له قَدَمٌ عَضليَّةٌ كبيرةٌ ومَحارةٌ مُلْتَفَّةٌ يَمْنًا (باتِّجاه عقارِب السّاعة) - عِلْمًا أنَّ قِلَّةً فقط من مَحارِ بَطْنِيّاتِ الأقدام تلتفُّ بالاتِّجاه المُعاكِس. المَحارةُ تُفرِزُها طبقةٌ خاصَّةٌ من الجِسْمِ تُدعى الدِّثار. يَعيشُ الوِلْكُ تحتَ الماء ويَتنفَّسُ بالخياشيم، بينما المُنْعَبُ فوقَ الرأسِ يُجري الماءَ إلى الحُجرةِ التي تَحْتَويها.

المَخْروطيّاتُ المُفترِسة

المَحارُ المَخْروطِيَّةُ، من بَطْنِيّاتِ الأقدام، تُهاجِمُ فرائسَها بِسُمٍّ قاتِل. فإذا ما اقتربَ حيوانٌ ضِمْنَ مَدى الضَّربة، يَنْقُفُ المَخْروطيُّ خُرطومَهُ كالحَرْبةِ بسُرعة حاقِنًا فريسَتَه بِسُمٍّ شالّ. إنَّ سُمَّ بعضِ المَخروطيّات قتّالٌ حتى للبَشَر!

رأسِيّاتُ الأقدام

السَّبيدَجاتُ (أو الحبَّارات) العِملاقةُ هي الأكبَرُ بين رأسيّاتِ الأقدام، والأكبَرُ أيضًا بين اللاّفقاريّات. تَعيشُ الحبّاراتُ في أعماقِ البِحارِ حيث تَصطادُ فرائسَها بمِجَسّاتٍ تُغطِّيها المِمَصّات. وهُنالِكَ قِصَصٌ وروايات عديدة غير مُوثَّقة عن سَبيدَجاتٍ هُوليَّة؛ لكِنْ يُعرَفُ أنّ العِملاقَ منها قد يتجاوزُ طولُه ١٥م.



الأُخْطُبوط الشائع (أُكتوبُس فُلْجارِس)

رِخْوِيٌّ ذكيّ

الأُخْطُبوطاتُ ذاتُ بَصَرٍ حادٍّ وأدمغةٍ كبيرة؛ ولَعلَّها الأذكى بينَ الفَقاريّات. فهي تتذكَّرُ الأشكالَ والألوان وتجِدُ السبيلَ إلى طعامِها بِسُرعة. وهي، كالحبّارات، تستطيعُ التَّحرُّكَ بِسرعةٍ بِبَجِّ نافورةٍ مائيّةٍ إلى الخَلفِ عَبْرَ عُضوٍ قِمَعِيّ.

بَلَحُ البَحْر الشائع (مِتيلوس إدْيولس)

ذَواتُ المِصراعَيْن

تَقضي بَلَحُ البَحْر مُعظمَ حياتِها مُثبَّتةً في الصُّخور بخُيوطٍ لِيفيّةٍ مَتينة. وهي، كمُعظمِ ذوات المِصراعَيْن، تَضُخُّ الماءَ عَبْرَ خياشيمِها، وتغتذي بالجُسَيْماتِ الغِذائيّةِ الصغيرةِ التي تُحتَبَسُ من الماءِ العابِر. بعضُ ذواتِ المِصراعَيْن حفّارٌ ومُتنقِّل - بَلْ إنّ القليلَ منها، كالإِسْقَلوب (المَحار المِرْوَحِيّ)، سَبّاح.

لمزيد من المعلومات انْظُر

الهياكلُ الدّاعمة ص ٣٥٢
الحَرَكة ص ٣٥٦
الدِّماغ ص ٣٦١
النُّموُّ ومَراحِلُه ص ٣٦٢
التّناسُلُ الجِنسيّ ص ٣٦٧
حقائقُ ومعلومات ص ٤٢٠

نَجْمُ البَحْر والزِّقِّيّات

يُؤلِّفُ نَجْمُ البَحْر وقُرْباهُ من قَنافِذِ البَحْر وخِيار البَحْر شُعْبَةً من اللّافقاريّات، تُدعى شوكيّات الجِلْد (الشّوكجلديّات)، تتميَّزُ بأجسام خُماسِيَّةِ البِنْية. فنَجمُ البَحْر مثلًا، له في الغالِبِ خمسُ أذرُع، وخمسُ مجموعات من الأعضاء التناسُليّة، وجهازٌ هضميٌّ خُماسيُّ التفرُّع. وشوكيّاتُ الجِلْد جميعُها ذاتُ هيكلٍ دَرقيٍّ صفائحيٍّ كِلْسيّ. أمّا النَّجاجاتُ البَحْريَّةُ فتؤلِّفُ شُعَيبَةً مُنفَصِلة تُدعى الزِّقِّيّات تتميَّزُ بأجسام طَرِيَّةٍ كِيسيَّةِ الشَّكْل، ويَرقاناتٍ شُرْغُوفيَّة.

رُؤُوسُ القَوامِس حسّاسةٌ للضوء، ممّا يُساعِدُ نجمَ البَحْر في تلمُّس الشُّقوقِ الظَّليلة.

الأقدامُ الأُنبوبيّة

في الجانِبِ السُّفليّ من ذِراع نَجم البَحْر صفّان من الأقدام الأُنبوبيّة المُعبَّأةِ بالماء، تربِطُها شبكةٌ من الأقنية الداخليّة. القدمُ الأُنبوبيّةُ تنتهي بمِمَصّ، ويُمكِنُ تحريكُها مُستقِلّةً عن سِواها. وتُستَخدَمُ هذه الأقدامُ للتحرُّك وقَنْصِ الفرائس.

المِثْرَج

إذا فقَدَ نَجمُ البَحْر ذِراعًا يستطيعُ إنماءَ أُخرى مكانَها





دورةُ حياةِ حيوانٍ شوكيٍّ نَموذَجيّ

شوكيّاتُ الجِلْد

نَجمُ البَحْر، كسائرِ الشّوكيّات، ذو هيكلٍ صفائحيٍّ كِلسيٍّ تكسُوه طبقةٌ خلويّةٌ رقيقة. وتُغطّي الصفائحَ نتوءاتٌ صغيرة وأشواكٌ – إضافةً إلى كُلّاباتٍ صغيرة تمنعُ صغارَ الحيوانات من الاستِقرار عليها. والصفائحُ مُنفصِلةٌ تَسمحُ للحيوان بالتثنّي. الفمُ في نجم البَحْر يتوسَّطُ الأذرُعَ في جانبِ جِسْمِه السُّفليّ؛ وهوَ عندما يَغتذي، يدفَعُ بمَعِدَته خارجًا عَبْرَ الفمِ قالِبًا إيّاها ظَهْرًا لبَطْن.

نَجمُ البَحْر نَزيلُ المِياه الضَّحلة

أشكالُ نُجوم البَحْر

هُنالِكَ حوالى ٢٠٠٠ نوع من نُجوم البَحْر العاديّة، تعيشُ في مِياه البَحْر فقط كسائرِ شوكيّات الجِلْد. والشاطِئيّةُ منها، كما نَزيلةُ المِياه الضَّحلة، تَغتذي بحيواناتٍ حيّةٍ غالبًا. ويَستخدِمُ نجمُ البَحْر أقدامَه الأُنبوبيّة لِيَفتحَ عَنوةً أصدافَ الرَّخويّاتِ ذواتِ المِصراعَين، ثُمّ يَغتذي بدَفْعِ مَعِدَتِه فيما بين المِصراعَين. أمّا نُجومُ البَحْر القَصِفة والرِّيشيّة فتعيشُ في مِياه الأعماق، وتستخدِمُ أقدامَها الأُنبوبيّةَ الطويلة في تجميع جُسَيماتِ الغِذاء الدقيقة، ثُمّ تدفعُ بها إلى الفَم في وَسَطِها.

نَجمُ البَحْر القَصِف



الزِّقِّيّات

نَجاجاتُ البَحْر البالِغةُ حيواناتٌ صغيرةٌ تَستصفي الغِذاءَ من مِياه البَحْر؛ وهي تعيشُ فُرادى أو جماعاتٍ مُلتصِقةً بالصُّخور غالبًا. أمّا اليَرقاناتُ فتسبحُ بحُرّيّة، وتبدو مُختلِفةً تمامًا، إذْ هي شُرْغوفيّةُ الشَّكْل.


نَجمُ البَحْر ذو الإكليلِ الشَّوكيّ

نَجمُ البَحْر الرِّيشيّ

نَجمُ البَحْر النُّتُوئيّ

دَرَقة (هيكل)

قنافذُ البَحْر

تبدو قَنافِذُ البَحْر مختلفةً جدًّا، في شَكْلِها، عن نُجوم البَحْر، لكنَّ بِنْيةَ الجِسْمِ تحتَ الأشواكِ خُماسيّةٌ مُتماثِلةُ الأجزاء. دَرَقةُ قُنفذِ البَحْر مُستديرة، والفمُ في الجانب السُّفليّ منها. يَغتذي الحيوانُ بالزَّحف فوقَ الصُّخور كاشِطًا ما عليها من نَباتاتٍ وحيواناتٍ صغيرةٍ بأسنانه الخَمس.

تَبرُزُ الأقدامُ الأُنبوبيّةُ عَبْرَ الثُّقوب.

يعيشُ دولارُ الرَّمْل في قاعِ البَحْر في المِياه الضَّحلة، ويَغتذي بجَمْعِ الجُسَيمات الدقيقة الصالحة للأكل.

دولارُ الرَّمْل

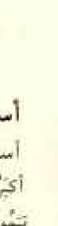
دولارُ الرَّمْل قُنْفُذٌ بَحْريٌّ قصيرُ الأشواك مُفلطَحُ الدَّرَقة جدًّا، بحيث يبدو كقُرصٍ من البسكويت أو كقِطعة نقديّةٍ معدنيّةٍ كبيرة. وعندما تَبرى الأشواكُ بالحتِّ بَعْدَ موته، يُمكنُك مُشاهدةُ نَمَطٍ مُعقَّدٍ من الثُّقوب حيثُ كانت تَبرُزُ الأقدامُ الأُنبوبيّةُ سابقًا.

لمزيد من المعلومات انظر

النُّمُوُّ ومَراحِلُه ص ٣٦٢
التّناسُلُ الجِنْسيّ ص ٣٦٧
الشَّواطئ ص ٣٨٥
المُحيطات ص ٣٨٦
حَفائرُ ومَعلومات ص ٤٢٠

الأسْمَاك

منذُ ما يَزيدُ على ٤٠٠ مليون سنة كانت تَسْبَحُ في بِحار العالَم حيواناتٌ مُدَرَّعةٌ غريبةٌ تُدعى مَحاريَّاتِ الجِلْد. لم يَكُنْ لها فَكّانِ ولا زعانفُ، لكِنْ كان لها عمودٌ فقاريّ جعلَها أُولى الفَقاريّات على الأرض. حاليًّا تعيشُ الأسماك، وهي السُّلالاتُ المائيَّة لِتلك الحيوانات، في شتّى بِحَارِ العالَم وبُحيراتِه وأنهارِه. الأسماكُ خارجيَّةُ الحرارة (بارِدةُ الدّم) - تتغيَّرُ درجةُ حرارتِها تبَعًا لِمُحيطها، ويَقِلُّ نشاطُها بِأنخفاضِ درجةِ حرارة البيئة. هنالك أكثرُ من ٢١٠٠٠ نوعٍ من الأسماك، وهي في مُعظمها ذاتُ فكَّين، مَشِيقةُ الجِسْم ومُغَطَّاةٌ بالحراشِفِ غالبًا. والأسماكُ تتنَفَّسُ الأُكسجينَ المُذابَ في الماء بواسطةِ الخَياشيم.



أسنانُ القِرْش

أسنانُ القِرْشِ هي نُسخةٌ من الحراشِف أكبَرُ وأحَدُّ من تلك التي تُغطّي جِسمَه. تنمو أسنانُ القِرْشِ بِأستمرار، وكأنّها على خطِّ إنتاج، بدءًا من مُؤخرةِ الفكّ - مُنتقِلةً قُدُمًا وتدريجيًّا حتى تُصبحَ في مُقدّمة الفم. وإذا سقطتْ إحداها سُرعانَ ما تحُلُّ السِّنُّ الخلفيَّةُ مَحلَّها.

الأسماكُ الغُضْروفيَّة

هياكلُ القِرْش والشَّفْنين والسَّفَن (اللُّياء) غُضروفيَّةٌ لا عَظميَّة. وهنالك حوالى ٧٠٠ نوع من الأسماك الغُضروفيَّة تستوطنُ المياهَ المالحة؛ وكُلُّها تقريبًا من الضَّواري. وهذه الأسماك مَشيقةُ الجِسم زَوجيَّةُ الزَّعانِف، تُغطّي جِلْدَها حراشِفُ سُنَيْنِيَّةُ الشَّكل تُكسِبُها مَلْمسًا خَشِنًا.

زوجٌ من الزَّعانف الصَّدريَّة يُستخدَمُ للتوجيه وضَبْطِ السُّرعة والتوازُن.



حراشِفُ مُتراكِبةٌ سُنَيْنِيَّةُ الشَّكْل

غِلافُ البَيْض مُعلَّقٌ حوْلَ عُشبةٍ بَحريَّة.



كَلْبُ البَحْر

كَلْبُ البَحْر قِرْشٌ صغيرٌ يستوطِنُ المياهَ الضَّحْلَة. عند التزاوُج يُخصِبُ الذكَرُ بيوضَ الأُنثى داخلَ جِسْمِها. ثُمّ تضَعُ الأُنثى بُيوضَها في غِلافاتٍ جلديَّةٍ تَعلَقُ حَوْلَ الأعشابِ البَحريَّة. والمعروفُ أنّ كلابَ البَحْر لا تحرُسُ بُيوضَها.

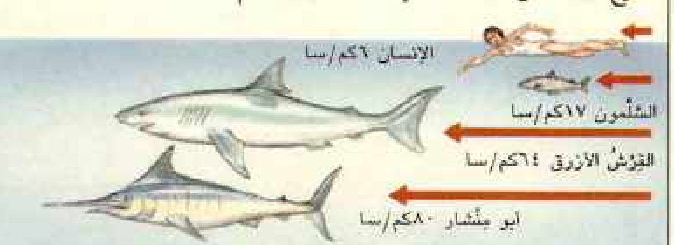


في بَاطِنِ القِرْش

يتألَّفُ جِسْمُ القِرْش في مُعظمِه من عَضلاتٍ يَستخدِمُها في السِّباحة؛ وهي مُرتَّبةٌ في كُتَلٍ شُدْفيَّةٍ كما في سائر الفَقاريّات. ويَلْتَفُّ جُزءٌ من مِعَى القِرْش لَوْلبيًّا فيُكسِبُ المِعَى القصيرَ مساحةَ سطحٍ كبيرةً لِامتِصاص الغِذاء. كما تُساعِدُ الكَبِدُ الكبيرةُ على بَقاءِ القِرْش طافيًا.

سُرعاتُ الأسْماك

على العُموم تزدادُ سُرعةُ السَّمكةِ بِأزدِيادِ أنسيابيَّةِ جِسْمِها. ومُعظمُ الأسماك أسرَعُ سِباحةً من الإنسان الذي مُعدَّلُ سُرعَتِه ٦كم/سا، للمسافات القصيرة.



الأسماكُ العديمةُ الفَكَّيْن

فِئةٌ مِنَ الأسماك، كالجَلَكَى والجِرِّيث، تحوي بعضَ سِماتِ الأسماكِ البُدائيَّة. فهي عديمةُ الفَكَّيْن والزعانِف الزَّوجيَّة، وفُتُحاتُ خياشيمِها كُوّاتٌ لا شُقوب. هنالك قُرابةُ ٧٠ نوعًا فقط من هذه الأسماك. تعيشُ الجَلَكَى البالغةُ طُفَيليًّا على الأسماكِ الأُخرى، فيما تَستَصفي صِغارُ الجَلَكَى الجُسَيماتِ الغِذائيَّةَ من الماء.

فَمُ الجَلَكَى البالغةِ ذو خطاطيفَ (كلاليب) قرنيّةٍ حَلْقيًّا تُمكِّنُها من التعلُّق بالأسماكِ الأُخرى وأمتِصاص دَمِها.

الأسماكُ العَظْمِيَّة

السَّلْمون المُرَقَّط (التّروتة) وجميعُ الأسماكِ المُبيَّنةِ في هٰذه الصفحة، تنتمي إلى فِئةِ الأسماكِ العَظْمِيَّة - كُبرى فئاتِ الأسماكِ الثلاث. هذه الأسماكُ لها هيكلٌ عظميٌّ، وجِرابٌ خاصٌّ مليءٌ بالغاز، يُدعى المثانةَ الهوائيّة، يَعملُ كعَوّامةٍ داخليّة. وتُغَطّي أجسامَها عادةً حَراشِفُ دُوَيريّةٌ مُسطّحةٌ زَلِقة، والخياشيمُ مُندسّةٌ خلفَ سِدْلَةٍ تُسمّى الوِصاد. وخلالَ ال ٢٥٠ مليون سنةٍ الأخيرة، تنشّأت ضُروبٌ مُدهِشة من الأسماكِ العَظميّةِ المُختلِفةِ الأشكالِ والألوانِ والحُجوم.

ترونةٌ بالغة
بُيَيْضة
نُطْفة
بُيَيْضاتٌ مُلقّحة
إخْصابٌ خارجَ الجِسْم

دورةُ حياةِ سَمَكةٍ عظميّةٍ نموذجيّة

الأسماكُ الطَّيّارة

السَّمكةُ الطَّيّارةُ تُفلِتُ من أعدائها بالانطلاقِ في الهواء، مُندفِعةً عَبرَ سَطحِ البَحرِ لتَنساب طائرةً في الهواء قُرابة ١٠٠م قَبلَ أن تَغوصَ ثانيةً في الماء. إنّ "جَناحَي" السَّمكةِ الطَّيّارةِ هُما زِعنِفتانِ مُضخَّمتان. لأنواعِ السَّمكِ الطَّيّار زوجٌ واحدٌ من الزعانفِ أو زوجان، كهٰذه السَّمكةِ أعلاه.

الأسماكُ الغُضْروفيّةُ داخليّةُ الإخْصاب في مُعظمِها، فهي تضَعُ البَيْضَ مُلقَّحًا أو تَلِدُ صغارَها أحياء.

حراشِفُ مُتراكِبةٌ زَلِقةٌ تُقلِّلُ الاحتِكاكَ بينَ السَّمكةِ والماء.

الرأسُ مُغطّى بصفائحَ عظميّة

يَنْتفِخُ فَمُ التّرونةِ فَجأةً وسَريعًا لإسْتِقاط الحيواناتِ الصغيرة.

الزِّعنِفةُ الظَّهْريّةُ تُكسِبُ السَّمكةَ استِقرارًا واتّزانًا

الزّعانِفُ مُدعّمةٌ بشُعَعٍ جاسئة، وهي تتحرّكُ مُستقِلّةً لتغيير اتجاه السَّمكة.

يُغطّي الخياشيمَ وِصادٌ تُساعِدُ حركتُه، فتحًا وغَلْقًا، في ضَخِّ الماء فوقها.

الأسماكُ العظميّةُ ذاتُ زعانفَ ذيليّةٍ مُنتظِمة. الزِّعنِفةُ الذَّيليّةُ تَدفعُ السَّمكةَ قُدُمًا.

زِعنِفتانِ صَدريّتانِ لِتوجيهِ الحَركة.

القَلْب

الكَبِد

المَعِدة

الزِّعنِفةُ الشَّرجيّةُ تُكسِبُ السَّمكةَ استِقرارًا وتوازُنًا.

حَواسُّ خاصّةٌ في الخَطِّ الجانبيِّ (أُنبوب تحت الجلد، في جانبَي الجِسْم، يَملؤه مائع) تكشِفُ حَركةَ التيّاراتِ أو الحيواناتِ الأُخرى في الماء.

المثانةُ الهوائيّةُ مُعدّلةٌ لِطَفْويّةٍ مُتعادِلة بحيث لا تعلو السَّمكةُ في الماء ولا تغوص.

الأسماكُ العَظْميّةُ طويلةُ الأمعاء بلا صِماماتٍ لَولبيّة.



الأسماكُ الشَّيْهَمِيَّة

الخَطَرُ الأعظَمُ المُحدِقُ بمُعظمِ الأسماك مَصدرُه الأسماكُ المُفترِسةُ الأُخرى. السَّمكةُ الشَّيهَميّةُ (دَايُودون هِيستريكس) تَقي هٰذا الخَطَرَ بابتِلاعِ جُرَعٍ كبيرةٍ من الماء، حَتّى تنتفخَ كالبالون فتنتصِبُ أشواكُها. وبالرُّغم من أنّها تكادُ لا تستطيعُ السِّباحةَ مَنفوخة، فإنّها بأشواكِها المُنتصِبةِ في مأمَنٍ من أيّ هُجوم.

فَرَسُ البَحْر

الكثيرُ من الأسماكِ العَظميّةِ تَضَعُ أعدادًا لا حَصْرَ لها من البُيوض، ولا تَهتمُّ برعايةِ صِغارِها لاحِقًا، بخِلافِ فَرَسِ البَحْر. فأُنثى فَرَسِ البَحْرِ تَضَعُ عددًا قليلًا من البَيْضِ في جِرابٍ خاصٍّ على بَطْنِ الذَّكَرِ الذي يَحضِنُ البَيْضَ حَتّى تَفقِس، ثُمّ يَقومُ على رِعايةِ الصِّغار. وهكذا، فبالرُّغمِ من أنّ أفراسَ البَحْرِ تَضَعُ بُيوضًا أقَلّ، إلّا أنّ كُلًّا منها تَحظى بفُرصةٍ أوفَرَ للبقاء.

فَرَسُ البَحْر وايْتْ (هِيبُوكامبوس هوايتي)

أسماكُ الأعماق

في أغوارِ البَحْرِ السَّحيقة لا يُوجَدُ ضوءٌ ولا نَبات؛ فعلى الكائناتِ في تلكَ الأعماقِ إمّا أن تَغتذيَ بالفَضَلاتِ الهابطةِ من الطبقاتِ العُليا، أو بالحيواناتِ الأُخرى. والأسماكُ الخُفّاشيّةُ هي من بين أغربِ الأسماكِ في قاعِ البَحْر؛ وهي تَقتاتُ باللّافقاريّاتِ والأسماكِ الصغيرة، وتجولُ مُتثاقِلةً باستِخدامِ زعانفِها.

سَمَكةٌ خُفّاشيّةٌ حمراء (هالْيُوتِيا سِتِلّاتا)

الأنْقَليس (ثُعبانُ السَّمَك)

للأنْقَليس زَوْجٌ من الزعانفِ الصَّدريّة، ولا زعانفَ حوضيّة.

الأنْقَليسُ يُشبِهُ الثعابينَ في شكلِه العام، لكنّ زعانِفَه وخياشيمَه تُبيّنُ أنّه من الأسماك. أنقليسُ المُواري الأخضرُ (جِمْنوثوراكس بِرازِينوس) نَموذجيٌّ لفصيلته، يَكْمُنُ في المَخابئِ الصخريّةِ ويُهاجِمُ الحيواناتِ العابرةَ بأسنانِه الحادّة. تبدأُ دورةُ حياةِ الأنقليس كَيَرَقانةٍ دقيقةٍ مُختلِفةِ الشَّكلِ تمامًا عن الأنقليس البالغ، وتستغرِقُ اليَرَقانةُ عِدّةَ سنواتٍ للنُّموّ إلى طورِ البلوغ.



لِمَزيدٍ من المعلوماتِ انْظُر

التَّنفُّس ص ٣٤٧
الدَّورةُ الدَّمويّة ص ٣٤٩
البيئةُ الباطنيّة (في الأحياء) ص ٣٥٠
الجِلْد ص ٣٥٤
الحَرَكة ص ٣٥٦
الحَواسّ ص ٣٥٨
حقائقُ ومَعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢

البَرْمائِيّات

تحتلُّ البرمائيّات (أو القَوازِبُ) موقِعًا خاصًّا في تَطَوُّرِ الحياةِ على الأرض. فأَسْلافُها كانتْ أُولى الفَقاريّاتِ التي خرجَتْ من الماءِ لِتقضيَ جُزْءًا من حياتها على البَرِّ. ولا يزالُ مُعظمُ الأربعةِ آلافِ نوعٍ من البَرمائيّات الحاليَّة يُقَسِّمُ حياتَه بين الماءِ والبَرِّ - لكِنْ بطُرُقٍ مُختلِفة. وتقضي قِلَّةٌ من البَرمائيّاتِ كُلَّ حياتها تقريبًا في الماء كالسَّمندر المِكسيكي الذي يَحتفِظُ بخياشيمِه وطَورِه اليَرَقانيّ المُسَمّى أجزولوتْل. لكِنَّ البَرْمائيّاتِ في مُعظمِها تقضي حَياتَها البالِغةَ على البَرِّ، وتَعودُ إلى الماءِ فقط لِلتزاوُج. طائفةُ البرمائيّاتِ عديمةُ الحراشِفِ عادةً، لكِنَّ جِلدَها على العُموم رَطْبٌ فَضْفاض. وهي خارجيَّةُ الحرارة (بارِدَةُ الدَّم)، وتُقَسَّمُ إلى ثلاثِ رُتَب: البَتْراوات (اللاذَيليّة) كالضفادِعِ والعَلاجيم، والذواتِل (الضفدعيّات الذَيليّة) كالسَّمادِرِ والسَّمادِل، والقَطْعاوات عديمةِ الأرجُل.

الضفادعُ الطيّارة

الضِّفْدِعُ الطيّارةُ (راكوفورُس سَوداءُ الأكُفّ)، في جنوبي شرق آسية تصطادُ الحيواناتِ الصغيرةَ على الشجر. وهي، لِلانتقال من شجرةٍ إلى أُخرى، تَقْذِفُ بنفْسِها في الهواء ناشِرةً أقدامَها المُكفَّفةَ كمِظَلّاتٍ صغيرةٍ تُميلُها بالقَدْرِ اللازمِ لِضَبْطِ اتجاهِ انسيابِها.

ضِفْدِعٌ بالِغ

يَرَقانةٌ شُرغوفيّة

نُطْفَة

بُيَيْضَة

إخْصابٌ خارجَ الجِسْم

بُيَيْضاتٌ مُلقَّحة (سَرْء)

دورةُ حياةِ بَرْمائيٍّ نَموذجيّ



ضفادعُ خازِنةٌ للماء

بعضُ الضفادعِ والعلاجيمِ تتجاوزُ موسِمَ الجفافِ بحَفْرِ جُحُورٍ تحتَ الأرضِ تُغلِّفُ نفْسَها فيها بغِشاءٍ مُمْسِكٍ للماء. فالضِّفْدِعُ الأستراليُّ الخازِنُ لِلماء (النوع سيكلورانا) يقضي حياتَه البالِغةَ في مُعظَمِها تحتَ الأرض. وحالما يسقُطُ المطَرُ، يَخرِقُ الضِفدِعُ غِشاءَه ويَحفِرُ طريقَه صُعُدًا إلى السَّطح.

اللّاذَيليّات (البَتراوات)

البَتراواتُ بَرمائيّاتٌ لاذيليّةٌ قصيرةُ الأجسامِ قَويّةُ الأرجُل. ذَكَرُ الضِّفْدِعِ هذا (بيكسيسفالوس أدسبرِسوس)، من جنوبي إفريقية، مُفترِسٌ قويٌّ يَغتذي باللُّبونات الصغيرة والزَّواحِف، كما بالضفادعِ الصغيرة. وهو، كسائرِ الضفادعِ، رقيقُ الجِلدِ يتطلَّبُ الترطيبَ المُستمِرّ. أمّا العلاجيمُ فجِلدُها عادةً أجَفُّ تكسُوهُ الثَآليل. على البَرِّ، تتحرّكُ الضفادعُ قَفْزًا، بينما العلاجيمُ تمشي عاليًا؛ وكِلاهُما ذو رِئتَينِ داخليَّتَينِ بَسيطتَين.

ضفادعُ السُّمّ النَّبْليّ

ضِفدِعُ السُّمّ النَّبْليّ الإبهاميّ الحَجْم (فيللوبيتس تريبليس) يَستوطِنُ غاباتِ أمريكا الوُسطى والجنوبيّة، وهو الأخطرُ بين جميعِ البرمائيّات. وتُنْذِرُ ألوانُه الزّاهيةُ الحيواناتِ الأُخرى بأنّ جِلدَه يُنتِجُ سُمًّا قاتِلًا. ويَستخدِمُ هنودُ الغاباتِ ذلك السُّمَّ لِصُنعِ النِّبالِ المَسْمومةِ الرؤوس لاصطيادِ الحيوانات.

يُفرَزُ السُّمُّ من غُدَدٍ على جِلدِ الضِّفدِع.

أُولى البَرمائيّات

أقدمُ الأحافيرِ البَرمائيّةِ المُكتشَفةِ تَعودُ إلى كائنٍ يُدعى إكْثيوسْتِجا، عاشَ منذُ حَوالى ٣٧٥ مِليونَ سنة. كانَ طُولُه حوالى المِتْر، وجِسْمُه مُنْسَيِقًا انْسِيابيًّا سَمَكيَّ الشَّكل، وكان ذا أرجُلٍ قويّةٍ تَحمِلُه على اليابِسَة.



العِنايةُ بالبُيوض

معظمُ الضفادعِ والعلاجيمِ تضَعُ مِئاتٍ أو آلافَ البُيوضِ وتترُكُها. وهناكَ أنواعٌ منها تضَعُ بُيوضًا أقلّ، لكنّها تَرْعاها بعنايةٍ أكثر. فذَكَرُ العُلْجومِ القابِلَةِ (أليتس أُبستِتريكانس) يَلُفُّ بُيوضَ الأُنثى حَوْلَ رِجلَيه، وعندما توشِكُ الشراغيفُ على التفريخِ يَحمِلُها إلى الماء.



الذَّوائل (الضِّفدعيَّات الذيليَّة)

هذه البَرمائيّاتُ أطولُ أجسامًا من البَترَاوات وأصغرُ أرجُلًا، بَعضُها ذو أذيالٍ مُفَلطحةٍ يَستخدِمُها في السِّباحة. السَّمَنْدَرُ النّاريُّ (سَلَمَندرا سَلَمَندرا) ذو ألوانٍ زاهيةٍ، كما ضِفْدَعُ السُّمِّ النَّبْليِّ، للتحذيرِ من أنَّ جِلْدَه سامٌّ. تتواجَدُ السَّمادِلُ والسَّمادِرُ بصُورةٍ رئيسيَّةٍ في نصفِ الكُرة الشَّماليّ، وتَستوطِنُ المياهَ، أو الأمكِنَةَ الرَّطْبةَ كأرضيّةِ الحِراج. تتزاوجُ سَمادِرُ النار على البَرّ، وتنمو البيوضُ وتَفْقِسُ داخِلَ جِسْمِ الأمّ.

٣. بَعْدَ سِلْسلةٍ من الحَركات يَستَقِرُّ الذَّكَرُ أمامَ الأُنثى. وعندما تَمَسُّ ذيلَه، يَضَعُ رِزْمَتَه النُّطفيّةَ فتَهْبِطُ الأُنثى فوقَها لِتَدْخُلَ النُّطافُ جِسْمَها.

بخِلافِ الضفادعِ والعلاجيم، السَّمادِلُ والسَّمادِرُ لا تَفْقِدُ أذيالَها في مَراحِلِ النُّمُوّ.

السَّمادِرُ صَغيرةُ الأباجِس، وأقدامُها غيرُ مُكَفَّفة.

يُفرِزُ جِلْدُ سَمَنْدرِ النار مادَّةً كيماويَّةً سامّة.

٢. ثمَّ يَسبَحُ الذَّكَرُ أمامَ الأُنثى ويَستَقِرُّ مُتعامِدًا بحيثُ يَسُدُّ عليها الطريقَ، ثمَّ يُلَوِّحُ بذَيلِه ضاخًّا رائحتَه نحوَها.

١. تبدأ رَقْصَةُ السَّمَنْدلِ الناعمِ تحت الماء عند اقترابِ الذكَرِ من الأُنثى وَمَسِّها جانبيًا، وباستطاعتِه شَمُّ ''رائحة'' الكيماويّاتِ التي تُطلِقُها في الماء.

الأُنثى

الذَّكَر

رَقصةُ التَّوَدُّد

عندَ تَزاوُجِ السَّمادِلِ أو السَّمادِر، يَضَعُ الذَّكَرُ رِزمةً من النِّطاف فتلتَقِطُها الأُنثى. وفي حالِ سَمَنْدَرِ النار، يحمِلُ الذَّكَرُ الأُنثى ثُمَّ يُنزِلُها فوقَ رِزْمَتِه النُّطَفيَّةِ بحيثُ تَدخُلُ النُّطافُ جِسْمَها. أمّا السَّمَنْدَلُ الناعِمُ (تريتورُس فَلْجارِس) المُبَيَّنُ هنا، فيتزاوَجُ تحتَ الماء؛ ويُؤدّي الذَّكَرُ رقصتَه أمامَ شريكتِه قَبْلَ التَّزاوُج.

القَطْعاوات (اللّاقَدَميّات)

اللّاقدميّاتُ حيواناتٌ مائيَّةٌ أو جاحِرَةٌ تَستوطِنُ المناطقَ المَداريّة. وهي عديمةُ الأرجُل، أُسْطُوانيَّةُ الشَّكل أشبَهُ بالديدانِ أو الثعابين المَطّاطيَّةِ الصغيرة منها بالبَرمائيّات. لكنَّ بعضَها يَضَعُ بُيوضًا تَفْقِسُ منها شَراغيفُ خَيشوميَّة، مِمّا يَرْبِطُها مُباشرةً بالسَّمادِرِ والبَرمائيّات الأُخرى.

يَنْتَمي سَمَنْدَلُ الأُلْم إلى رُتْبَةِ الذوائل.

اللّاقَدميّاتُ لها أعيُنٌ، ولكنّها شِبْهُ عَمياء.

اللّاقدميّات، في مُعظمِها، مُغَطّاةٌ بصَفائحَ قَرْنيَّة.

السَّمَنْدرُ المِكسيكي (أَجْزُولُوتْل)

السَّمَنْدرُ المِكسيكيُّ (أَمْبِسْتوما مِكسيكانُم) يُدعى أحيانًا ''بيتَر بان'' البَرمائيّات، لأنّه يحتفِظُ بشكلِه البَرقانيّ. تستوطِنُ هذه السَّمادِرُ بُحيراتٍ مُعيَّنةً في المِكسيك، وتبدأ حياتَها شَراغيفَ ذاتَ خَياشيمَ ريشيَّةٍ كالكثيرِ من السَّمادِرِ غيرِها. لكنْ بَدَلَ أنْ تَفْقِدَ خياشيمَها وتستوطِنَ البَرَّ، تبقى هذه السَّمادِرُ عادةً في الماء، وتتزاوَجُ دونَ تغييرِ شَكْلِها.

حياةُ الظُّلْمة

يَستوطِنُ سَمَنْدَلُ الأُلْم (بْروتيوس أنْجوينوس) كُهوفَ الصُّخورِ الكِلسيَّةِ العميقةِ في جنوبيّ أوروبا. جِسْمُ هذا الكائنِ رَفيعٌ كالقَلَم، وأرجُلُه دقيقة، وعيناه صغيرتان يُغطّيهما الجِلْدُ فيكادُ لا يُرى. تعيشُ السَّمادِلُ هذه في البِرَكِ والأنهارِ الجَوفيّة، وتتغذّى بالحيواناتِ المائيّةِ الصغيرة؛ وهنالك سَمادِرُ مُماثِلةٌ تستوطِنُ كهوفَ جنوبيّ تِكْساس، بالولاياتِ المُتَّحدة.

لمزيد من المعلومات انظُر

الدَّورةُ الدَّمويّةُ ص ٣٤٩
البيئةُ الباطنيّةُ (في الأحياء) ص ٣٥٠
الجِلْدُ ص ٣٥٤
العَضَلات ص ٣٥٥
الدِّماغ ص ٣٦١
التناسُلُ الجِنْسيّ ص ٣٦٧
حقائقُ ومَعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢

الزَّواحِف

تَضُمُّ طائفةُ الزَّواحِف حاليًّا قُرابَةَ ٦٥٠٠ نَوع؛ وهي فاقَتْ هذا العَدَدَ بكثيرٍ في سالِفِ الأزمان. فعَلى مَدَى ٢٠٠ مليون سنة، سادَتْ زَواحفُ ما قَبْلَ التاريخِ الحياةَ على الأرض، وشَمِلَتِ الدِّيْنُوصوراتِ أكبَرَ العاشِباتِ والضَّواري التي استوطنت اليابسَةَ على مَدى العُصور. كانت الزواحِفُ أُولَى الفَقاريّات التي تَكَيَّفَتْ لِلعيشِ على البَرِّ بِنَجاح - فلَم تَعُدْ مُضطَرَّةً لِلعيشِ في بيئةٍ رَطْبة، بفَضْلِ جِلْدها الحَرْشَفيِّ الجافِّ المُقاوِمِ لِفَرْطِ فَقْدِ الماء من الجِسْم، وبفَضلِ القُيوضِ الجلديَّةِ المتينةِ التي تلُفُّ بُيوضَها على اليابسَةِ فتَقيها من الجَفاف.

ولما كانتِ الزواحفُ خارجيَّةَ الإحرار (باردةَ الدَّم)، فهي تعيشُ غالِبًا في المناطقِ الدافئةِ من العالَم حيثُ تُدَفِّئُ الشَّمْسُ أجسامَها فتَنْشَط.

نابا الصِّلِّ النّاشِرةِ (الكُوبْرا) مُجَوَّفانِ ومُوضَعانِ في مُقدَّمةِ الفَم، وهي تستطيعُ قَذْفَ السُّمِّ في الهواء بدِقَّةٍ نَحْوَ مُهاجِمِها.

الأرْبِطَةُ والمَفاصِلُ المَرِنَةُ تُسْمَحُ لِقِسْمَي الفَكِّ السُّفليِّ بالتباعُد أثناء ابتلاعِ الفرائس.

إذا ما هُدِّدَتْ، تَنْشُرُ الكوبْرا ضُلَيعاتٍ حَوْلَ رأسِها وعُنُقِها.

الحيّاتُ لها أحيانًا أكثَرُ من ٤٠٠ زَوْجٍ من الأضلاع، لكنّها ذاتُ رِئةٍ عامِلةٍ واحدةٍ عادةً. تترادَفُ كُلْيَتا الأفعى، الواحدةُ خلفَ الأُخرى، تلاؤمًا مع ضِيقِ الجِسْم.

خراشفُ صغيرةٌ مُتَراكِبة

الأصَلَةُ (الثُّوباء)، كسائرِ الزَّواحِف، خارِجيَّةُ الحرارة، تَقْبَعُ في الشَّمسِ أثناءَ البَرْد، وتَنْسَحِبُ إلى الظِّلِّ حينَ يشتدُّ الحَرُّ كثيرًا.

الأصَلَةُ العاصِرَة

الأصَلَةُ العاصِرَةُ (كُنْسترِكْتُور كُنْسترِكْتُور) تقتُلُ فريسَتَها بالخَنْقِ عَصْرًا. فتَلُفُّ الأفعى جِسْمَها حَوْلَ الضحيَّةِ وتَمنَعُها من التَّنَفُّس. ومتى اطمأنَّتْ إلى مَوتِها تَبتلِعُها بالرأسِ أوّلًا. الأصَلاتُ بَيوضٌ وَلُود - أي إنَّ الأُنثى تحتفِظُ ببَيْضِها (مُحاطًا بقِشرته) داخِلَ جِسْمِها حتى تفقِسَ فتُولَد.

العَظايا العِملاقة

تِنّينُ كُومودو (فارانُوس كومودُنسِز) هو أضخَمُ عَظايا العالَم، فقد يَبْلُغُ طولُ البالِغِ منهُ، من الرأسِ إلى الذَّنَب، ٣ أمتار، ويَزِنُ أكثرَ من ٧٠كغ. تَستوطِنُ العَظايا العِملاقةُ هذه جُزُرًا في إنْدُونيسيا وتَغْتَذي بحيواناتٍ قد تبلغُ حَجْمَ الأيايل.

لِلوَزَغة (سامِّ أبرَص) عينانِ كبيرتانِ كالكثيرِ من الحيواناتِ الليليّةِ النَّشاط.

العَظايا المُتَسَلِّقة

الوَزَغاتُ عَظايا لَيليَّةُ النَّشاط تَتَصيَّدُ صِغارَ الحَشَرات. وهي تستطيعُ تَسَلُّقَ الجُدرانِ وكذلك السَّيْرَ مَقلوبةً على السُّقوفِ بفَضْلِ لُبَيْناتٍ خاصّةٍ على أباخِسِها مُغطّاةٍ بهُلْبٍ دقيقةٍ تَعْلَقُ بالشُّقوقِ الصغيرةِ على السُّطوحِ التي تَتَسَلَّقُها.

تَغْتَذي الإغوانا البَحْريَّةُ بالطُّحالِبِ النامية على الصُّخور المغمورة.

العَظايةُ الغَوّاصة

الإغوانا البَحْريَّةُ (أمبْلِيرِنْكُس كريستاتُس) تَستوطِنُ جُزُرَ غَلاباغوس، شرقيَّ المُحيطِ الهادي، وهي الوحيدةُ، بين العَظايا التي تَغْتَذي في البَحْر. وهي عندما تَغوصُ في الماء يَتباطأُ خفقانُ قَلْبِها، فيُساعِدُ ذلك في توفيرِ استِهلاكِ الأكسجين، ويَحُولُ دونَ تبريدِ كميّةٍ كبيرةٍ من دمِ الإغوانا بالمياهِ الباردةِ الخارجيَّة.

الحَرْشَفيّات

تُقسَمُ الزَّواحِفُ الحاليَّةُ إلى ثلاثِ رُتَبٍ رئيسيَّةٍ - أكبرُها بكثيرٍ الحَرْشَفيّاتُ (الحيّاتُ والعَظايا). ومع أنَّ الحيّاتِ تبدو مُختلفةَ الشَّكْلِ جدًّا عن العَظايا، فالأرجَحُ أنّها تَنشأتْ من أسلافٍ عَظائيَّةِ الشَّكْلِ بفَقْدِ أرجُلِها تدريجيًّا. الصِّلُّ الهِنديُّ (ناجا ناجا) أفعى نَمُوذجيَّةٌ من أماميّةِ النّابَيْن، تَقْتُلُ ضحيَّتَها بحَقْنِ السُّمِّ ثُمَّ تَبتلِعُها كامِلةً. وتَضَعُ الصِّلُّ الأُنثى حوالى ٢٠ بيضةً جِلديَّةَ القِشرةِ وتَحْرُسُها حتى تفقِس.

الانْسِلاخ

تَطْرَحُ العَظايا والحَيّاتُ من وقتٍ لآخرَ طبقةَ الجِلْدِ الخارجيَّةَ لِتستطيعَ النُّمُوّ. وتَسْتَغْرِقُ عمليَّةُ الانْسِلاخِ هذه في الغالِبِ عِدَّةَ أيّام، حيثُ يبدأُ الجِلْدُ بالانْفِلاقِ حَوْلَ الرأسِ أوّلًا، ثُمَّ يأخُذُ بالتَّقَشُّرِ على امتدادِ باقي الجِسْم. والحَيّاتُ تَطْرَحُ جِلْدَها قِطْعةً واحدةً في الغالِب.



العَظايةُ البطيئةُ العَمياءُ (أنجويس فْراجيلِس) تَطْرَحُ جِلْدَها قِطَعًا كبيرة.

يَشْبَحُ التِّمْساحُ ضامًّا أرجُلَهُ قُرْبَ جِسْمِهِ، ومُمَوِّجًا ذَيلَه القَلْطَح.

رُغْمَ أنَّ التِّمْساحَ النَهريَّ ضارٍ رَهيبٌ، فهو والدٌ حَنونٌ يَعْتَني بِصِغاره.

التَّماسِيح

التَّماسيحُ على أنواعِها تَنْتَمي إلى رُتْبَةِ التِّمساحيّات، وهي شَبيهةٌ بالعَظايا العِملاقَةِ، لكِنَّ ترتيبَ العِظامِ في جَماجِمها يُظْهِرُ أنَّها أقربُ إلى الدَّيْنوصُورات منها إلى أيِّ زاحِفٍ حَيٍّ. هُنالك حوالى ٢١ نوعًا من التماسيح، كُلُّها تعيشُ جُزْئيًّا في الماء. أمَّا النوعُ الأكبَرُ، وهو تِمساحُ المَصَبّاتِ النَّهريَّةِ البَحْريُّ (كروكوديلوس بوروسَس)، فقد يَبْلُغُ طولُه ٦ أمتار أو أكثر – مِمَّا يجعَلُهُ أضخَمَ الزَّواحفِ في العالَم.

تُغطّي جِسْمَ التِّمْساحِ حَراشِفُ كَبيرةٌ، والظَّهريَّةُ منها مُقَوّاةٌ بالعَظْمِ كصفائحَ مُدَرَّعة.

مِنْخَرا التِّمساحِ في طَرَفِ خَطْمِه، ويُمكِنُه غَلْقُهما عندما يَغوصُ في الماء.

الأسنانُ بسيطةٌ وَتَدِيَّةُ الشَّكْلِ لِتَمزيقِ اللَّحْم.

تَنْقُلُ أُنثى التِّمْساحِ صِغارَها إلى الماءِ في فَمِها وترعاها عِدَّةَ شُهورٍ حتّى تستطيعَ الاعتمادَ على أنفُسِها.

أرجُلٌ قويَّةٌ قَصيرة

جُمجمة التِّمساح الهِنْدي

خَطْمٌ طويلٌ نحيفٌ وأسنانٌ حادَّةٌ صغيرة.

جُمْجُمَةُ تِمساحِ المَصَبّات

خَطْمٌ عَريض

جَماجِمُ الزَّواحِف

جُمْجمةُ تِمساحِ المَصَبّاتِ عريضةٌ، وعَضَلاتُ فَكَّيْهِ قَويَّةٌ للغاية. وهو يَغْتذي بالحيواناتِ الكبيرة، فيُجَرْجِرُ ضَحيَّتَه تحتَ الماءِ ناهِشًا منها قِطَعًا يَبْتَلِعُها كامِلَةً. أمّا تِمساحُ الهِندِ الأصغَرُ (جافْيالِس جانْجِتِكُس)، في أنهارِ شِبْهِ القارّةِ الهِنديّة، فيَقتاتُ بالأسماك. والفَكّانِ في جُمْجُمَتِه ضَيِّقانِ جدًّا، وهو يَلْتَقِطُ طعامَهُ خَطْفًا كالطيور.

دَورةُ حياةِ زاحِفٍ نَمُوذَجيّ

تِمساحٌ بالِغ

بَيضةٌ ذاتُ قِشرة

إخصابٌ داخلَ الجِسْم

نُطْفة

بُيَيْضة

تُخصَّبُ بُيوضُ بعضِ الزَّواحفِ داخِلَ الجِسْم؛ وتولَدُ الصِّغارُ بَعْدَ أن تفقِس.

التُّواتارا

التُّواتارات هي السُّلالةُ الوحيدةُ الباقيةُ من فئةِ الزَّواحفِ الوَتَدِيّاتِ الأسنان – التي كانت شائعةً قَبْلَ ملايينِ السِّنين. وبخلافِ الزَّواحفِ الأخرى، فالتُّواتارات تَظَلُّ نَشِطةً في درجاتِ الحرارةِ الخفيضةِ القارسة. والبَرِّيَّةُ المُرَقَّطةُ منها (سفينودون بَنكْتاتُس) تعيشُ حاليًّا في مَحْمِيّاتٍ خاصّةٍ على جُزُرٍ صغيرةٍ بعيدًا عن سَواحلِ نيوزيلندا.

يَبْلُغُ طولُ التُّواتارا الكامِلِ النُّمُوِّ حوالى ٦٠سم. تعيشُ التُّواتارات في جُحورٍ وتَغْتذي بالحَشَراتِ والبَيْضِ والضَّفادعِ وصِغارِ الطيورِ البَحْريّة.

الزَّواحِفُ السّائدة

كانت الزَّواحِفُ في سالِفِ الأزمانِ أنجحَ الفَقاريّاتِ على الأرض؛ وقد تراوحَتْ حُجومُ الدينوصوراتِ من حيواناتٍ ضئيلةٍ بِحَجْمِ الفَرْخةِ إلى البراكيوسورس العِملاقِ (بطولِ ٢٥م وزِنَةِ ٥٠ طنًّا). ثُمَّ انقرضَتِ الدينوصوراتُ وأشكالٌ أخرى من الأحياءِ في إبادةٍ جماعيّةٍ يَعتقِدُ بعضُ العلماءِ أنَّ سبَبَها يعودُ إلى ارتطامِ رَجْمٍ هائلٍ بالأرض.

دينونيكُس

دينوصورٌ قَرْمِيُّ الرِّجلَيْنِ الأماميَّتين

لمزيد من المعلومات انْظُر
التَّنَفُّس ص ٣٤٧
البِيئةُ الباطنيَّةُ (في الأحياء) ص ٣٥٠
الهَياكِلُ الدّاعِمة ص ٣٥٢
الحَرَكة ص ٣٥٦
الحَواسّ ص ٣٥٨
التناسُلُ الجِنْسيّ ص ٣٦٧
حَقائقُ ومعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢



السُّلَحفيّات

السَّلاحِفُ البَحْريّةُ (اللَّجَآت) والبَرّيَّةُ يَحميها دِبْلٌ عَظميٌّ مُغَطّى بِحراشِفَ قَرْنيّة. تَغْتذي السَّلاحِفُ بالنَّباتاتِ والحيواناتِ الصغيرة، وهي عَديمةُ الأسنان، تُغَطّي الفَكَّيْنِ فيها مادَّةٌ قَرنيّة. لَجَأةُ غلاباغوس، أعلاه، (جِيُوكيلون إلِفَنْتوبِس) هي نوعٌ عِملاقٌ من السَّلاحِفِ البَحْريّةِ قد يَزيدُ وَزْنُها على ١٧٠كغ.

الطُّيُور

الدلائلُ الأُحْفُوريَّةُ تُشيرُ إلى أنَّ الطيُورَ قد تطوَّرتْ من الزَّواحف. فهيَ، كما الزَّواحِفُ، فَقاريَّاتٌ تضَعُ بُيوضًا ذاتَ قِشرةٍ، وبقايا الحراشِفِ ظاهرةٌ في القدمَين. لكِنَّ الطيُورَ تتميَّزُ عن الزَّواحِفِ بمَعالِمَ شتَّى، فهيَ من بين سائرِ الحيوانات مَكسُوَّةٌ بالرِّيش، وكُلُّها ذاتُ أجنحةٍ ومَناقيدَ. وهي داخليَّةُ الإحرار (حارَّةُ الدَّم) - فلا تتغيَّرُ درجةُ حرارتِها بتغيُّرِ درجاتِ الحرارة الخارجيَّة. ودِفْءُ الجِسْمِ هٰذا يَجعَلُها ناشِطةَ الفِعلِ والطَّيرانِ دَومًا، والواقِعُ أنَّ الطيُورَ أكثَرُ الكائناتِ الحيَّةِ قُدرةً على الطيران. هنالك ٩٠٠٠ نوع من الطُّيُور تَعيشُ في مُختلِف الأماكِن - في المُدُنِ والغاباتِ المَطيرة الاِستوائيَّةِ وعلى الطوافي الجَليديَّة.

ريشُ الطُّيُور تطوَّرَ من حراشِفِ الزَّواحف.

الطَّرفانِ الأماميّانِ تحَوَّرا إلى جَناحَيْن

تُغطِّي القدمَيْنِ حراشِفُ صُلْبَة.

تصميمُ الجِسْمِ في الطُّيُور

خِلالَ مَراحِلِ التطوُّر، أصبَحتْ أجسامُ الطُّيُور خَفيفةً، مَشيقةً إنسيابيَّةً، ومُدمَّجةً. فطائرُ الرَّفراف (المازُور) هذا (ألسيدُو أتْيس) يَبْلُغُ ١٦سم طولًا، لكن لا يزيدُ وزنُه على ٤٠غ. وهو، كسائرِ الطيُور، مَكْسُوٌّ بالرِّيش، وتُغطِّي قدمَيهِ حراشِفُ صُلْبة، ومِنقارُه صُلْبٌ لكنَّه خفيفُ الوَزْن. والطُّيُورُ الصغيرةُ، كالرَّفراف، ذاتُ درجَةِ حرارةٍ جسَديَّةٍ هي الأعلى في عالَم الحيَوان. لذا فهي بحاجةٍ إلى مَوْرِدٍ غِذائيٍّ مُستَمِرٍّ لِسَدِّ احتياجاتِ أجسادِها.

دَورةُ حياةِ طائرٍ نَموذَجيّ

طائرٌ بالِغ

بَيضةٌ ذاتُ قِشرة

إخْصابٌ داخِلَ الجِسم

نُطْفَة

بُيَيْضة

الرِّئتانِ فَعّالتانِ جدًّا في اسْتِخلاص الأكسيجين من الهواء

المَريء

كُلْيَة

الحَوصَلة - مَخْزَنٌ مُؤقَّتٌ لِلغذاء

المَعِدة

القَلْب

القانِصَة

الكَبِد

المِعَى

التركيبُ الداخليُّ لِلطيُور

الطُّيُورُ عديمةُ الأسنان فلا تَمْضَغُ طعامَها. وتستعيضُ عن ذلك بطَحنِ الغِذاءِ الصُّلْبِ في حُجَيْرةٍ خاصَّةٍ تُدعى القانِصَة. ورِئتا الطائرِ أكثَرُ تعقيدًا وفعاليةً من رِئاتِ اللَّبُونات والزَّواحف. فعندَ الشَّهيق، يَسري الهواءُ إلى فَجَواتٍ خاصَّةٍ تُدعى الأكياسَ الهوائيَّة، ومن ثُمَّ يَنْتقِلُ إلى الرِّئتَيْن. ومنهُما إلى مَزيدٍ من الأكياسِ الهوائيَّة، قَبْلَ زَفْرِه إلى الخارِج.

الجُمْجُمة

المِنْقار

عِظامُ الجَناحَيْنِ مُجَوَّفة

الجُؤجُؤ

كاحِل

مَخالِب

الهَيكَلُ العَظْميُّ لِلطيُور

الهَيكَلُ العَظْميُّ الرقيقُ لِلطائرِ الطيّار لا يُؤلِّفُ أكثرَ من خمسةٍ بالمئة من مُجمل وَزْنِ جِسْمه. عِظامُ الجَناحَيْن مُجَوَّفةٌ، كسائرِ عظامِ الهَيكل، لكِنَّها مُعزَّزةٌ بدعائمَ لِمَزيدٍ من القُوَّة. وتُثبَّتُ عَضَلاتُ الجَناحَيْن صفيحةٌ عظميَّةٌ مُفلطحةٌ تنتأُ من عَظمِ القصِّ تُدعى الجُؤجُؤ.

طُيُورٌ لا جَناحيَّة

الكِيوِي الأسمَرُ (أبتريكس أُستراليس) في نيوزيلندا هو واحدٌ من عِدَّةِ طُيُورٍ فَقَدَتْ قُدرتَها على الطَّيَران. فجَناحاهُ ضَئيلانِ أثَريّان وريشُه شَعريٌّ. وخِلافًا لما هو الشائعُ في الطيور، فلِلْكيوي حاسَّةُ شَمٍّ جيِّدةٌ يَستخدِمُها في تَلَمُّسِ طعامِه لَيْلًا.

ريشاتٌ مُغازِلةٌ من ديكِ الحَبَش البَرّي (مِلْيَجْرِس جِلُّوپاڤو). كُلُّ ريشةٍ لها قَصَبتانِ مَرِنتانِ وأسلاكٌ قصيرة.

قَصَبة

ريشةُ الطيرانِ ذاتُ عِراقٍ (قَصَبةٍ) متينٍ وأسلاكٍ وأُسَيْلاتٍ وثيقةِ التشابُك.

ريشةُ اسْتِعراضٍ شِراعيَّةُ الشَّكْل من جَناحِ ذَكَرِ البَطِّ الصينيِّ (إيكْس جالِريكُولاتا) تُستخدَمُ في اجتذابِ القَرين.

الكِساءُ الرِّيشيّ

يتألَّفُ الرِّيشُ من القَرْنين، المادَّةِ نفسِها التي يتألَّفُ منها شَعْرُنا وأظفارُنا. فالعِراقُ، الذي يمتدُّ قصبةً على طولِ الرِّيشة، يحمِلُ آلافَ الفُروعِ الجانبيَّة، المُسَمّاة أسلات. ولهذه فروعٌ أصغرُ تُدعى أُسَيْلاتٍ تتشابَكُ معًا بخَطاطيفَ دقيقةٍ لِتؤلِّفَ صفحةَ النَّصْل. وقد يحوي كِساءُ الطائرِ الرِّيشيُّ فوقَ الـ ١٠،٠٠٠ ريشةٍ مُختلِفةِ الأشكالِ والأنواع.

الرِّيشُ الزَّغَبيُّ يَعْزِلُ الجِسْمَ حراريًّا. فالأسلاتُ فيه لا تتشابَكُ معًا بل تتنَفَّشُ لِتكوِّنَ طبقةً مُنتَفِشةً تحتَبِسُ الهواء.

ريشُ الجِسْمِ تُكسِبُه انسيابيَّةً. فقاعِدةُ الريشة طريَّةٌ ومُنتفِشةٌ، لكِنَّ سَطْحَ طرَفِها العلويِّ أكثرُ انبِساطًا.

العنايةُ بالكِساءِ الرِّيشيّ

الكِساءُ الرِّيشيُّ بحاجةٍ إلى عنايةٍ مُستَمِرَّةٍ لِيَبْقى في حالةٍ جيِّدةٍ. وتَستخدِمُ الطُّيُورُ مَناقيدَها كالمُشْطِ في تَمْسيدِ الأسلاتِ والأُسَيْلاتِ وضَمِّها معًا، وأيضًا لإزالةِ القَمْلِ والطُّفَيليّاتِ الأخرى. مُعظَمُ الطُّيُور تَطْرَحُ كِساءَها الرِّيشيَّ، وتَستَبْدِلُ به آخَرَ، مَرَّةً أو مَرَّتَيْنِ في السَّنة. هذه البَطَّةُ تُظَلِّلُ كِساءَها الرِّيشيَّ بزَيتٍ خاصٍّ يَجعَلُه صامِدًا لِلماء.



ذكرُ الشُّرشُور الزَّاهي الألوان لا يُشارِكُ في حَضْنِ البَيْض – وإلّا كانت ألوانُه تُيسِّرُ للضواري اكتشافَ العُشّ.

تَحضُنُ أنثى الشُّرشُور بيوضَها تحت ريشِها العازِلِ وجسمِها الدفِيء – علمًا أنَّ بعضَ ريشِ الصدرِ يتساقَطُ في رُقعةِ الحَضْن.

شُرشُور جُولد (كلوبيا جولدي) ذو مِنقارٍ مُهايئٍ لأكلِ البُزور – فهو قصيرٌ متينٌ يستطيع كسرَ البُزورِ والتقاطَ ما فيها.

مِنْقارُ النُّحام (فنيكوبترس رُوبر) يعملُ كالمصفاة؛ فيتحرَّكُ جزؤه السُّفليُّ صُعودًا وهُبوطًا ضاخًّا الماءَ على الجُزءِ العُلويّ، حيث يُحتَبسُ الطعامُ فوق حافَّةٍ من الشُّقوب.

النَّكّات (ركُورفِروسترا أفوستا) أحدُ بضعةِ الطيورِ المعقوفةِ المِنقارِ إلى أعلى، وهو يُرجِّحه على امتدادِه من جانبٍ إلى آخر لتصيُّدِ صِغارِ الحيواناتِ المائيّة.

تَغْتذي البَبَّغاءُ (من فصيلة پسِيتّاسيدي) بالثِّمارِ والبُزور بصُورةٍ رئيسيّة، فتكسِرُ غِلافَ البُزورِ بقاعدةِ مِنقارِها القويّ، وتُمسِكُ الثِّمارَ برأسِ مِنقارِها الخُطّافيّ.

العَوْسَق (فالكو تِنُنْكيُولَس) يغتذي بالحشرات واللَّبُونات الصغيرة؛ وهو كسائرِ كواسرِ الطيرِ الأخرى يُمزِّقُ طعامَه بمِنقارِه الخُطّافيّ الحادّ.

عُـشٌّ بَيْض

يتنشَّأُ فرخُ الطائرِ داخِلَ البيضة، خارجَ جِسْمِ الأمّ، تقيه قِشرةٌ صُلبةٌ تمنعُ تسرُّبَ الماءِ لكنَّها تسمحُ بدخولِ الأكسجين. الطيورُ الصغيرةُ كهذا الشُّرشُور (فرنجلا كولِبْس) تضعُ عِدَّةَ بُيوضٍ في العُشّ؛ والفراخُ لا تتنشَّأُ ما لم ترخُمِ الأُنثى على البُيوض فتُدفئُها بالحَضْن.

حُجيرةُ العُشّ

يشتهرُ الحَبّاكُ الإفريقي (من نوع پلوسيوس) بمهارته في حَبْكِ الأعشاش. يحوكُ الذكرُ العُشَّ من نُصولِ العُشْبِ بمِنقارِه ورِجليه. وعند الانتهاءِ يتعلَّقُ به مُرفرِفًا جناحيه لاجتذابِ القَرين.

أُنبوبُ المَدْخَل

المَدْخَل

الفرّان الخمراوي (فُرناريوس روفوس)، من أمريكا الجنوبية، يبني له عُشًّا من الطينِ فُرنيَّ الشَّكل بحَجْمِ كُرةِ القدم يتصلَّبُ عندما يَجِفّ. وللعُشِّ ممرٌّ مُقوَّس يؤدّي إلى حجرةٍ داخليّة.

الأعشاش

جميعُ الطيورِ بيّاضة، لكنْ ما كُلُّها تبني أعشاشًا. فبعضُ الطيورِ البحريَّةِ تضعُ بُيوضَها مباشرةً على حوافِّ الجُرُفِ الصخريّة. وكثيرٌ من الطيورِ الأرضيَّةِ العَيْش تضعُ بُيوضَها في حُفرةٍ بسيطةٍ تُبطِّنُها بالرِّيش. والطُّيورُ التي تبني أعشاشًا مُعقَّدةً تستخدِمُ أنواعًا عديدةً من المَوادّ كالأوراقِ النباتيَّةِ والعِيدانِ والطِّينِ والشَّعْرِ ونُسُجِ العنكبوتِ واللُّعابِ أيضًا. ولا يحتاجُ الطائرُ إلى تعلُّمِ بِناءِ عُشِّه – فالغريزةُ كفيلةٌ بذلك.

سَمامَةُ النَّخْلِ الإفريقيّة (سيپسيوروس پارفوس) تُغرّي بعضَ الرِّيشِ الزَّغَبيِّ فوق ورقةِ نخيل؛ ثمّ تغرّي بُيوضَها فوقَ فُرشةِ الرِّيشِ تلك، فتبقى مُلتصقةً حتّى أثناءِ العواصِف.

المَناقيرُ والطعام

يتألَّفُ مِنْقارُ (مِنْقادُ) الطائرِ من عَظْمٍ مُغطّى بطبقةٍ قَرنيَّة. ويبقى القِسْمُ العَظْميُّ من المِنقادِ على حجمِه عادةً في الطائرِ البالغ، لكنَّ المادَّةَ القرنيَّةَ تنمو باستمرارٍ لتعويضِ البِلَى. والمِنقارُ مُلائمٌ لِنوعِ الطعامِ الذي يتناوله الطائر، فالطيورُ المتميِّزةُ نوعَ التغذيةِ لها عادةً مناقيرُ مُتميِّزة.

الوَقْواق

أُنثى الوَقْواقِ (كُيوكولُس كانُورَس) لا تَبني عُشًّا، بل تضعُ بيضةً مكانَ إحدى البُيوضِ في عُشِّ طيرٍ آخر في غيابِ حاضِنِه. وعندما يَفقِسُ الوَقْواقُ الصغيرُ يُدحرِجُ البُيوضَ الأخرى خارجَ العُشِّ ويستقِلُّ به. ويُواظِبُ الوالِدانِ الرَّبيبان على إطعامِ فَرْخِ الوَقْواق، الذي يفوقُهما حجمًا، كأنّه فرخُهما.

لمزيد من المعلومات انظر
الدَّورةُ الدَّمويَّة ص ٣٤٩
البيئةُ الباطنيَّة (في الأحياء) ص ٣٥٠
الهَياكِلُ الدّاعمة ص ٣٥٢
الحركة ص ٣٥٦ ، الدِّماغ ص ٣٦١
التناسُلُ الجنسيّ ص ٣٦٧
حقائقُ ومعلومات ص ٤٢٠ ، ٤٢٢

هِجْرةُ الطُّيور

تَقضي الطُّيورُ عادةً مَوسِمَي الصيفِ والشتاءِ في مَكانَيْن مُختلِفَيْن. فالكثيرُ من أنواعِ الإوَزِّ تتزاوجُ في أقصى الشَّمال حيثُ الطعامُ وَفيرٌ خِلال الصيفِ القصير؛ ثمّ تطيرُ جَنوبًا عندما يَبرُدُ الطَّقسُ معَ اقترابِ الشتاء. هٰذه الرِّحلاتُ الطويلةُ تُدعى هِجْراتِ الطُّيور.

اللَّبُونات

إذا ما سألتَ رفيقًا أنْ يُسَمِّيَ حَيوانًا مَا، فالأرجحُ أنَّه سيُسَمِّي حَيوانًا من اللَّبُونات (الثدييَّات)، وهيَ الطائفةُ التي ينتمي إليها البَشَرُ كما مُعظمُ الحيواناتِ الكبيرةِ المألوفةِ في حياتِنا اليوميَّة. لكنْ ليستْ كُلُّ اللَّبُوناتِ كبيرةً - فهي تتراوحُ حجمًا من الزَّبابَةِ والخفافيش حتَّى الفِيَلةِ والحِيتانِ الضخمة. تشتركُ اللَّبُوناتُ في ثلاثِ مِيزاتٍ رئيسيَّةٍ - فهي داخليَّةُ الإحرار (دافِئةُ الدَّم وثابتةُ درجةِ الحرارة)، وذاتُ كِساءٍ من الفَرْوِ أو الشَّعْر، وتُرْضِعُ صِغارَها لَبَنًا تُفْرِزُه الغُدَدُ الثَّدْيِيَّةُ لَدَى الأُمّ. واللَّبَنُ غِذاءٌ كامِلٌ لِصغار اللَّبُونات يُقيتُها حتَّى تَقوى على إيجادِ طعامِها بِنَفْسِها.

واللَّبُوناتُ أكثَرُ الفقاريَّاتِ انْتِشارًا على اليابِسَة حيثُ يُوجَدُ منها حوالى ٤٠٠٠ نَوعٍ.

الأرنبُ من الحيواناتِ العاشِبة؛ أسنانُه الأماميَّةُ قاطِعةٌ والخلفيَّةُ طاحِنة.

أسنانُ اللواحِم قاطِعةٌ حادَّةٌ تُمزِّقُ اللَّحمَ وتُقطِّعُه.

الكلبُ من اللواحِم؛ أنيابُه الطويلةُ الحادَّةُ تَقبِضُ الفَريسة.

الأسنانُ والغِذاء

أسنانُ اللَّبُوناتِ مُتنوِّعةُ الأشكالِ كتنوُّعِ الأدواتِ في صندوقِ عُدَّةٍ. فاللَّبُوناتُ البالِغةُ المُختلفةُ تَقتاتُ بِضُروبٍ مُختلفةٍ من الطعام، وأسنانُها مُكيَّفةٌ لِتتلاءَمَ ونَوعيَّةَ غذائِها. فاللواحِمُ (آكِلاتُ اللَّحْم) ذاتُ أسنانٍ قابِضةٍ مازِقة، والعاشِباتُ (آكِلاتُ النَّبْت) ذاتُ أسنانٍ قاطِعةٍ وطاحِنة. أمَّا القوارِتُ، التي تَغتذي بِمُختلفِ أنواعِ الطعام، فأسنانُها مُتنوِّعة - قابِضةٌ وقاطِعةٌ ومازِقة وطاحِنة. بعضُ اللَّبُوناتِ، كالنَّامِلات (آكِلاتِ النَّمْل) والحِيتانِ البالينيَّة، التي تَغتذي بِاستِصفاءِ عَوالِقِ الكُريلِ من القِشْريَّات البحريَّة (كالقُرَيدِس وبراغيثِ البَحْرِ وسواها)، عديمةُ الأسنان.

جمارُ الزَّرَدِ البالِغ

تتطوَّرُ البُوَيضَةُ المُخصَبةُ داخِلَ جِسْمِ الأمّ.

بُوَيضَة

نُطفَة

إخْصابٌ داخِلَ الجِسْم

دورةُ حياةِ لَبُونٍ نَموذَجيّ

لَبُونٌ مُدَرَّع

أمُّ بِزْقَةَ الشجريُّ (مانيس ترايكَسْبِس)، من إفريقية الاستوائيَّة، تَحميهِ حَراشِفُ صُلْبةٌ وَرَقِيَّةُ الشَّكْلِ تُغطِّي مُعظمَ الجِسْم. يَغتذي أمُّ بِزقة بالنَّمْلِ والأرَضِ يَلتقِطُها بِلِسانِه الطويل. وهو، كآكِلاتِ النَّمْلِ الأخرى في أستراليا وأمريكا الجنوبيَّة، عَديمُ الأسنان.

يَرْضَعُ الفِلْوُ لَبَنًا من ضُروعِ الأُمّ.

جِسْمُ حِمارِ الزَّرَدِ مُغطًّى بالشَّعْر.

حِمارُ الزَّرَدِ الشائِع (إكْوُوس بورشِلْلي)

اللَّبُوناتُ السُّخْديَّةُ (المَشيميَّة)

حِمارُ الزَّرَد، كسائرِ الحيواناتِ المُبيَّنة هُنا، هو لَبُونٌ مَشيميٌّ. فالفِلْوُ ينمو داخِلَ رَحِمِ الأُمّ حيثُ يَستمِدُّ غِذاءَه منها عَبْرَ السُّخْد، وهو نَسيجٌ إسفَنجيٌّ يَنقُلُ الغِذاءَ من دَمِ الأُمّ إلى دَمِ الجنين. والفِلْوُ الوليدُ، بِخلافِ الوليدِ البَشريّ، قويٌّ لا يَلْبَثُ أن يَقِفَ على قوائمِه ويَتْبَعَ أُمَّه.

ما إنْ يُولَدَ الدُّلفينُ الصغيرُ حتَّى تدفَعَه الأمُّ إلى سطحِ الماءِ لِيتنفَّس.

اللَّبُوناتُ المائيَّة

الدَّلافينُ لَبُوناتٌ من رُتْبةِ الحُوتِيَّات - تَقْضي حياتَها كُلَّها في البَحْر. وخِلالَ مَسارِها التطوُّريّ اتخذَتِ الدلافينُ شَكْلًا انسيابيًّا كالسَّمك، لكنَّها، كباقي اللَّبُونات، تُرْضِعُ صِغارَها لَبَنًا وتَتنفَّسُ هواءَ الجوّ.

الدَّلافينُ المُدوَّمةُ (ستيتِلا لونجيروستيس)

الزَّبابةُ الشَّجريَّةُ الشائعةُ (توبايا جْليس)

الزَّبابُ الشَّجريَّة

الزَّبابُ (ج. زَبابَة) الشَّجريَّةُ، من جنوبيِّ وشرقيِّ آسية، لعلَّها أشبَهُ باللَّبُوناتِ الأولى التي تطوَّرتْ من أسلافٍ زواحِفَ. وهي لَيليَّةُ النشاط ذاتُ عينَيْنِ واسِعتَيْنِ وحاسَّةِ شَمٍّ قَويَّة. ويَعتقِدُ البيولوجيُّونَ أنَّ حيواناتٍ مُماثِلةً لِلزَّبابِ شاركتِ الدَّينوصوراتِ الأولى العيشَ على الأرض منذُ أكثرَ من ٢٠٠ مِليونِ سَنة.

اللَّبُوناتُ الطَّيَّارة

تُشَكِّلُ الخفافيشُ، بأنواعِها الألفين، قُرابةَ رُبْعِ عددِ الأنواعِ اللَّبُونة. وهي الحَيواناتُ الوحيدةُ، بين اللَّبُونات، القادِرةُ على الطيرانِ حَقيقةً. تَقتاتُ مُعظمُ الخفافيشِ بالحَشَرات، وهي تُحدِّدُ مواقِعَها بدقَّةٍ في الهواء بواسِطةِ صدَى النَّبَضاتِ الصوتيَّةِ التي تَبُثُّها كالرادار. أمَّا أنواعُ الخفافيشِ الأكبرُ فتقتاتُ بالثِّمار.

اللَّبوناتُ الجرابيَّة

تُولَدُ صِغارُ الجرابيّاتِ غَيْرَ مُكْتَمِلَةِ النُّمُوِّ، فَيَزْحَفُ الوليدُ الضئيلُ الحَجْمِ مُباشَرةً إلى جِرابِ الأُمِّ حيثُ يَتَعَلَّقُ بإحدى الحَلَماتِ فيهِ فَيَغْتَذي وَيَنْمُو. والجِرابُ في القناغِرِ كِيسٌ فسيحٌ، أمّا في بعضِ الجرابيّاتِ الأُخرى، كالكُوُول، فقد لا يَزيدُ على مِيدَلَةٍ بسيطةٍ. هُنالكَ حوالَى ٢٦٠ نوعًا من الجرابيّاتِ؛ ومع أنَّها تَرْتَبِطُ في أذهانِ الكثيرينَ بأستراليا، فالعديدُ منها يَستوطِنُ أمريكا الجَنوبيَّة.



وَحيداتُ المَسْلَك

خُلْدُ الماءِ أو مِنقارُ البَطِّ (أورنيثورنْكُس أناتينوس) حيوانٌ يجمعُ الغَرائب. فهُوَ لَبونٌ بَيوضٌ، مُكَفَّفُ الأصابعِ وذو مِنقارٍ كالطيور. وعندما تَفْقِسُ صِغارُه، تَغْتَذي بِلَحْسِ اللَّبَنِ من غُدَدٍ ثَدْيِيَّةٍ، على بَطْنِ الأُمِّ، لا حَلَماتِ لها.



نوعانِ آخرانِ من اللَّبوناتِ فقط بَيّاضة - هُما قُنفُذا النَّمْلِ (آكلا النَّمْلِ الشوكيّان). وهُما يُؤَلِّفانِ مع مِنقارِ البَطِّ رُتْبةً صغيرةً من اللَّبوناتِ تُدعى وَحيداتِ المَسْلَك.

الكُوالا

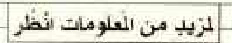
الكُوالا (فاسكولاركتوس سينرِيُوس) حيوانٌ جرابيٌّ أستراليٌّ تكيَّفَ للعَيْشِ في الشجر، ولِغِذاءٍ يتألَّفُ بصورةٍ رئيسيَّةٍ من وَرَقِ الأوكاليبتوس. تقضي صِغارُ الكُوالا نَشْأتَها الأُولى في جِرابِ الأُمِّ، وعندما تكبُرُ نوعًا، تخرجُ من الجِرابِ وتتشبَّثُ بِظَهْرِ الأُم. والكُوالاتُ ليستْ وثيقةَ القُرْبى بالدِّبَبَةِ رُغْمَ أنَّها تُشبِهُها. فالدِّبَبَةُ حيواناتٌ لَبونةٌ مَشيميَّةٌ لا جِرابيَّة.



أبوسَوم فِرجينية

لقد حقَّقَ أبوسَوم فِرجينية (ديدِلْفِس فِرجينيانا) نجاحًا نادرًا في دُنيا الجِرابيّات. فهذا النوعُ الجرابيُّ الشَّجريُّ، من أمريكا الشَّمالية، قد وسَّعَ مدى انتشارِه شمالًا باطِّرادٍ حتّى كندا. وقد تسنّى له ذلك بتكيُّفِه للعيشِ بين البَشَر - فهو يَجوبُ الحدائقَ ويعتلي السقوفَ ويبحثُ عن الطعامِ بين الفَضَلاتِ المَنزليَّة.





لمزيد من المعلوماتِ انْظُر

الأسنانُ والفَكّانِ ص ٣٤٤
التَّنفُّس ص ٣٤٧
الدورةُ الدَّمويَّة ص ٣٤٩
البيئةُ الباطنيَّة (في الأحياء) ص ٣٥٠
الهياكلُ الدّاعمة ص ٣٥٢
التناسُلُ الجِنسيّ ص ٣٦٧
حقائقُ ومعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢

لَبونٌ دِيماسيّ

لقد طوَّرَ الكثيرُ من الجرابيّاتِ أشكالًا وأساليبَ حياةٍ تُماثِلُ شبيهاتِها من اللَّبوناتِ المَشيميَّة. فشَكْلُ الطُّوبينِ الجرابيِّ (نوتوريكتِس تيفْلُوبْس) شبيهٌ جدًّا بالطُّوبينِ المَشيميّ، من حيثُ بِلادةُ جِسْمِه وقُوَّةُ قوائمِه الحَفّارة. وهو أيضًا مِثلُه يَغْتَذي باليرقاناتِ الكبيرةِ والدِّيدان.

الكُوُول

الكُوُولُ الجميلُ الترقُّط (دَسْيُورُس فِيفِرِينوس) هو الجرابيُّ الأستراليُّ المُقابِلُ للهِرّ. وهو حيوانٌ ضارٍ ليليُّ النشاط، يَغْتَذي بالحيواناتِ الصغيرةِ كالحَشَراتِ والجرابيّاتِ الأصغر؛ لكنَّه ليسَ صيّادًا ماهرًا كنظيرِه المَشيميّ. فمُنْذُ إدخالِ الهِرِّ الأهليِّ إلى أستراليا تراجعتْ أعدادُ الكُوُول، كما انخفضَ عددُ الكثيرِ من الجرابيّاتِ الأُخرى أيضًا نتيجةً لِمُنافَسةِ اللَّبوناتِ المَشيميَّةِ لها.

الرَّئيسَات

نحنُ البَشَرُ نَنتمي إلى رُتْبَةٍ من اللَّبُونات تُدعى الرَّئيسَات، وهي كما يُشِيرُ اسمُها أعلى الكائناتِ الحيَّة. تُقسمُ الرَّئيسَاتُ إلى فِئتَين هما: أشباهُ الإنسان (البَشَرُ والقِرَدةُ والسَّعادين) والبِرُوسيميَّاتُ (وتَشمَلُ اللياميرَ وطُفولَ الأدغال والأيآيات). ويَنتمي جميعُ البَشَر إلى رُتَيبَةٍ من الرَّئيسَاتِ ليسَ فيها سِوى جنسِ الإنسان. والإنسانُ يعيشُ على الأرض ويَمشي على رِجلَين، فيما مُعظمُ الرَّئيسَاتِ الأخرى شَجَريَّةُ العَيْش وتَستخدِمُ أرجُلَها الأربَعَ. العَيْنانِ في الرَّئيسَاتِ أماميَّةُ التَّوجُه مِمَّا يُساعِدُ في تَقديرِ المسافاتِ؛ والأصابعُ والأباخِسُ قابِلةٌ لِلتثنِّي فيُمكِنُها قَبْضُ الأغصانِ والتَّمسُّكُ بِها. وتَتَميَّزُ رُتَيبَةُ أشباهِ الإنسان بأدمِغَةٍ كبيرةٍ ومُستوًى عالٍ من الذكاء.

الذِّراعانِ طويلتانِ جدًّا

أظافِرُ بَدَلَ المَخالِب

يَقبِضُ السَّعْلاةُ (الأورانغوتان) الأغصانَ بيدَيْه ورِجلَيه، ويستطيعُ المَشيَ على رِجلَيْنِ لكنَّه غالبًا يَستخدِمُ أطرافَه الأربعة.

الجِسْمُ مُغَطًّى بالشَّعْر

السَّعْلاةُ (الأورانغوتان) وسائرُ القِرَدةِ الأخرى عديمةُ الذَّيل.

بالمقارَنة مع جُمْجُمة القِرْد، جُمْجُمةُ الإنسان ذاتُ قِحْفٍ بِسافِيٍّ كبيرٍ جدًّا وفَكَّيْنِ قصيرَيْنِ وأسنانٍ صغيرة.

السَّعْلاة (الأورانغوتان)

تعيشُ الرَّئيسَاتُ في مُعظمِها في المناطقِ المَداريَّة ودُونَ المَداريَّة؛ وتشمَلُ حوالى ١٨٠ نوعًا. يَنْتمي الأورانغوتان (بونغوبيغميُوس) إلى فصيلةِ القِرَدة التي تضُمُّ أيضًا الغوريلَّا والبَعامَ (الشِّمْبانْزي). ويستوطِنُ الأورانغوتان الغاباتِ المطيرة في جَنوبِ شرقيّ آسية، وهو، كالعديدِ من الرَّئيسَاتِ مُهدَّدٌ بالانقراض، لأنَّ مواطِنَهُ الحراجيَّةَ تجري إزالتُها لِلاتِّجار بأخشابِها، أو لاتِّخاذِها مَزارِعَ وأراضيَ زراعيَّةً.

أصْلُ الجِنْسِ البَشَريّ

إنَّ شَكْلَ جُمْجُمَةِ الإنسانِ بالِغُ الأهميَّةِ في تَتَبُّعِ مَسارِ تَطَوُّرِ النَّوعِ البَشَريّ، لأنَّه يُمكِنُ مُقارنتُها مُباشَرةً بالجماجِمِ الأحفوريَّةِ لأقرِبائنا الأباعِد. وتُشيرُ دراساتُ العُلَماء إلى أنَّ الإنسانَ قد تطَوَّرَ من أسلافٍ من أشباهِ الإنسان؛ كما تُبَيِّنُ الأحافيرُ أنَّ عِدَّةَ أنواعٍ من أشباهِ الإنسان كانتْ مُتَواجدةً مُنْذُ ما بينَ مِليونٍ وخمسةِ ملايينِ سنَة. ولم يَبْقَ منها حاليًّا إلا نوعُ البَشَرِ فقط.



الأيآي

الأيآي (دوبِنتونيا المَدْغَشْقري) المُهَدَّدُ بالانقراضِ من الرَّئيسَاتِ الدُّنيا (البروسيميَّات) حيوانٌ شَجَريُّ العَيْشِ لَيْليُّ النشاط، يَغْتذي بيرقاناتِ الحَشَرات ووَرَقِ الشَّجَر. يَدَا الأيآي الأماميَّتان فيهما إصبعٌ ثالثةٌ طويلةٌ إضافيَّة، يَستخدِمُها في التِقاطِ اليرقاناتِ من فُلوعِ لِحاءِ الشَّجَر.

الشِّمْبانْزي (پان تروغْلودَيْتِس) يَستخدِمُ أداةً لاستِخراجِ الحَشَراتِ من لِحاءِ الشَّجَر.



البَعام (الشِّمْبانْزي)

يَستخدِمُ الإنسانُ الأدواتِ عادةً للقِيام بِمَهامَّ مُعيَّنة، وهكذا تَفعَلُ بعضُ الرَّئيسَاتِ الأخرى. فالبَعامُ مثلًا، يَستخدِمُ عيدانًا حادَّةً وأنصالَ الأعشابِ لِلتنقيبِ عن الطعام؛ كما يَهْرِسُ القُرْدوحُ (البابونُ) أحيانًا الحيواناتِ الصغيرةَ بالحِجارة. ويَستخدِمُ العديدُ من الحيواناتِ الأخرى أدواتٍ لكنَّها تفعلُ ذلك بالغَريزةِ أصْلًا. وتستطيعُ الرَّئيسَاتُ تَعَلُّمَ كيفيَّةِ صُنْعِ الأدواتِ بِمُراقبةِ بعضِها بعضًا أثناءَ العَمَل.

لويس وماري لِيكي

أسهَمَ عَمَلُ عائلةِ لِيكي في تَتَبُّعِ حلقاتِ مَسارِ النَّوعِ البَشَريِّ وتطوُّرِه. فقد اكتشفَ لويس ليكي (١٩٠٣-١٩٧٢) في شرقيّ إفريقية أحافيرَ أناسيَّةً، وارتأى أنَّ نَشأةَ الإنسانِ كانتْ في تلك المِنْطَقة. أمَّا زوجتُه ماري (١٩١٣-) فقد اكتشفَتْ عِدَّةَ أحافيرَ لأسلافٍ بشريَّةٍ وآثارَ أقدامٍ يرجعُ تاريخُها إلى قُرابةِ ٣ ملايين سنَة، كما اكتشفَ ابنُهما ريتشارد ليكي (المولود عام ١٩٤٤) العديدَ من الأحافيرِ المُهِمَّة أيضًا.



سِيادةُ البَشَر

البَشَرُ أكثرُ الرَّئيسَات عددًا بقَدْرٍ كبير؛ ففي الـ ٣٠٠ سنةِ الأخيرةِ ازدادَ عَدَدُ سكانِ العالَمِ من حوالى ١٠٠٠ مليون إلى قُرابةِ ٦٠٠٠ مليون نَسَمة. ولم يَسْبِقْ في تاريخِ العالَم أنْ كانَ لأيٍّ من أنواعِ الكائناتِ مثلُ هذا التأثيرِ البَشَريِّ الواسعِ المدَى على الكائناتِ الحيَّةِ الأخرى.

لمزيد من المعلومات انظُر

التَّطوُّر (النُّشوء بالتحوُّل العُضوي) ص ٣٠٨

اللَّبُونات ص ٣٣٤

الهَياكِلُ الدَّاعمة ص ٣٥٢

البَشَرُ وكوكَبُهم ص ٣٧٤

حَقائقُ ومَعلومات ص ٤٢٢



الكائناتُ الحَيَّة - كيفَ تَعْمَل

لماذا النَّباتُ أخضرُ؟ وما وَظيفةُ الدَّم؟ وهل جِلْدُكَ مَيْتٌ أم حَيّ؟ أجوبةُ هذه الأسئلةِ في كثيرٍ من الحالات تتعلَّقُ بتركيب المادَّةِ الحيَّة. فالكائناتُ الحيَّةُ تحوي أجزاءً مُتبايِنَةً، لكنَّها مُتوافِقَةٌ ومُترابطةٌ بشكلٍ رائعٍ لِلعَمل مَعًا. بعضُ هذه الأجزاءِ، في النباتِ والحيوانِ، كبيرٌ يُرى بالعَيْن المُجَرَّدة، وبعضُها صغيرٌ بالِغُ الدِّقةِ، فلا يُرى إلَّا بالمِجْهَر. إنَّ أصغرَ الأجزاءِ، في سائرِ الكائنات الحيَّة، هو مُعَقَّدٌ جدًّا. وبالتعرُّفِ الدقيقِ إلى كيفيَّةِ عمَلِ الأجزاءِ الصغيرة هٰذه يتوصَّلُ العُلماءُ إلى تَفَهُّم طرائقِ عَملِ المُتَعَضِّياتِ الكاملة.

كُلُّ ضَرْبٍ من الكائناتِ الحيَّةِ مُكَيَّفٌ لِلبيئةِ التي يَعيشُ فيها. فالشِّقُّ (الجِبّونُ) الشجريُّ العَيْش له ذِراعانِ طويلتان يترجَّحُ بهما بخِفَّةٍ وسُرعةٍ بينَ أعالي الشَّجَر. وتُساعِدُه عيناه الأماميَّتا التوجُّهِ في تحديدِ الأبعادِ بدِقَّةٍ خِلالَ ترجُّحِهِ من غُصْنٍ لآخر.

الكَبِدُ إحدى أكبرِ أعضاءِ الشِّقّ. فهي تُعالِجُ الغِذاءَ المَهضومَ وتقومُ بعدَّةِ تفاعُلاتٍ كيماويَّةٍ وتختزِنُ موادَّ تُستَخدَمُ في إنتاجِ الطاقة.

الخلايا الكَبِديَّةُ هي أحدُ أنواعِ الخلايا في الكَبِد؛ وهي مُنسَّقةٌ صَفْحِيًّا وتُفرِزُ سائلًا يُدعى الصفراءَ (المِرَّة) يُساعِدُ في عمليَّةِ الهَضْم.

تؤلِّفُ الخلايا الكَبِديَّةُ أحدَ أنواعِ الأنسجةِ في الكَبِد. وفي الكَبِدِ خلايا من أنواعٍ أُخرى تكوِّنُ ضُروبًا أُخرى من الأنسجة، كالأوعيةِ الدَّمويَّة.

طاقا د ن ا المُتواجِدِ في نَواةِ الخليَّة.

المُتَعَضِّياتُ وبيئتُها

جميعُ الكائناتِ الحيَّة، أو المُتَعَضِّيات، يَنبَغي لها التوافُقُ مع بيئتِها. فهي تَغتَذي من المُحيطِ الذي تعيشُ فيه، وتَستَخدِمُ هذا الغِذاءَ في أغراضٍ عديدةٍ تَشمَلُ إنتاجَ الطاقةِ لِلتحرُّك، والموادَّ الأساسيَّةَ للنُّمُوِّ والتناسُل. وعَبْرَ مَراحِلِ نَشْأتِها طوَّرتِ الكائناتُ الحيَّةُ طُرُقًا مُختلفةً للحُصُول على غِذائها. فالشِّقُّ لا يُجارَى في التوصُّلِ إلى الأوراقِ والثِّمارِ في أعالي الشَّجَر؛ وجِهازُهُ الهَضميُّ قادِرٌ على هَضمِ هذا الطعامِ كيماويًّا مُحرِّرًا مُحتواهُ من المُغذِّياتِ والطاقة.

الأعضاء

يَحوي جِسْمُ الشِّقِّ (الجِبّون) مجموعةً من الأعضاءِ تَشمَلُ الدِّماغَ والقَلْبَ والرِّئتين والكَبِدَ وسِواها. والعُضْوُ تركيبةٌ ذاتُ وظائفَ مُعيَّنةٍ في نِطاقِ الحِفاظِ على الحياة. ولِكُلِّ عُضوٍ شَكْلٌ مُميَّز، ويتألَّفُ من مجموعةٍ مُتنوِّعةٍ من الخلايا المُختلِفة.

الخلايا

الخلايا أصغرُ أجزاءِ الكائنِ الحَيّ، وهي حيَّةٌ كامِلةُ الحيويَّة. وخلايا العُضوِ مُنسَّقةٌ في مجموعاتٍ تُدعى أنسجةً؛ وكُلُّ نَسيجٍ يحوي ضَرْبًا واحدًا من الخلايا ويؤدِّي مَدًى مُحدَّدًا من الوظائف.

ماكِينةُ الجِسْم

جِسْمُ الحيوانِ أشبَهُ بمَدينةٍ ضَخمةٍ تتألَّفُ من أجزاءٍ مُنفَصِلة. أصغرُ هذه الأجزاءِ يُدعى الخلايا، وهنالك ضُروبٌ عديدةٌ منها في الكائناتِ الحيَّة، تُوفِّرُ مُجتَمِعةً جميعَ الخَدَماتِ التي يحتاجُها الجِسْمُ، من موارِدَ للطاقةِ والاتِّصالاتِ إلى التخلُّصِ من الفَضَلات. فالحيوانُ الواحدُ (كما النبتةُ) قد يحوي بلايينَ الخلايا مُنسَّقةً بطريقةٍ فائقةِ الدِّقَّة. وكُلُّ ما تقومُ به أيُّ خليَّةٍ تَحكُمُه نَواتُها.

راموزُ الجِينات

كُلُّ خليَّةٍ تقريبًا لها مَركزُ تحكُّمٍ هو النَّواة. ويُوجَدُ داخلَ النَّواةِ جُزيئاتٌ طويلةٌ من الحامضِ النوويِّ الرِّيبيِّ المَنقوصِ الأُكسجين الذي يُشارُ إليه غالبًا بـ «د ن أ». يتألَّفُ جُزيءُ د ن أ من لَوْلَبٍ مُزدوجِ الخيطِ تربطُ طاقَيْهِ "جُسورٌ" كيماويَّةٌ يؤلِّفُ تَسَلْسُلُها الدقيقُ راموزَ جيناتِ الخليَّة. وهذا الراموزُ أشبَهُ بوَصْفةٍ لِطبيعةِ وكيفيَّةِ ما تقومُ به الخليَّة.

أَنْدرياس فِيزالْيُوس

وضَعَ فِيزالْيُوس (١٥١٤-١٥٦٤) أساسيَّاتِ عِلْمِ التشريحِ الحديث - عِلْمِ ودِراسةِ بِنْيةِ الكائناتِ الحيَّة. وهو طبيبٌ بلجيكيٌّ حقَّقَ أهمَّ إنجازاتِه في إيطاليا. فقد عُيِّنَ في سِنِّ الثالثةِ والعِشرين أُستاذًا لِعِلْمِ التشريح. وفي العام ١٥٤٣، نَشَرَ كتابَه «بِنيةُ الجِسْمِ البَشَريّ» الذي تَميَّزَ بِدِقَّةِ المُلاحظة، وجَمالِ الرُّسُومِ الإيضاحيَّة. فكانَ أوَّلَ كتابٍ يُبيِّنُ تفاصيلَ الجِسْمِ البَشريِّ بطريقةٍ دقيقة.

الخَلايَا

كُلُّ كائنٍ حَيٍّ يتألَّفُ من خلايا، وكُلُّ خليَّةٍ منها تُشبِهُ مَعمَلًا بالِغَ الصِّغَرِ، تَجري فيه آلافُ التفاعُلاتِ الكيماويَّةِ بتحَكُّمٍ فائقِ الدِّقَّةِ والعِنايةِ. وتَسْتخدِمُ الخَلايا هذه التفاعُلاتِ لأداءِ كافَّةِ المَهامِّ الضَّروريَّةِ لِلحياةِ. وتتكاثَرُ الخلايا بالِانقِسامِ الثُّنائيِّ (الشَّطري) مِرارًا وتَكرارًا. بعضُ الكائناتِ الحيَّةِ، كالمُتَموِّرةِ (الأميبا) أُحاديُّ الخليَّةِ، وبعضُها الآخرُ، كالبَشَرِ، يتألَّفُ من ملايينِ الخلايا العامِلةِ بتكامُلٍ مَعًا. والخلايا التي تؤلِّفُ الأنسِجَةَ المُختلِفةَ في مُتَعضٍّ مُتَبايِنةٌ نَوعًا. وتَخْتلِفُ الخَلايا النَّباتيَّةُ عن الخَلايا الحيَوانيَّةِ، أساسًا، بجُدرانِها الجاسِئةِ وقُدْرَتِها على تخْليقِ غِذائها.

الغِشاءُ البِلازميُّ (غِشاءُ الخَليَّة)

يُحيطُ بالخليَّةِ غِشاءٌ بِلازميٌّ مَسامِيٌّ يَتحكَّمُ بحَرَكةِ الموادِّ (الكيماويّاتِ) مِنَ الخليَّةِ وإليها. فهُوَ غِشاءٌ نِصْفُ مُنْفِذٍ "يَتخَيَّرُ" الكيماويّاتِ التي يُمكِنُها المُرورُ عَبْرَه من جانبٍ لآخر.

البروتيناتُ الخاصَّةُ في غِشاءِ الخليَّةِ تنقُلُ الموادَّ المُعقَّدةَ منَ الخليَّةِ وإليها.

يتألَّفُ الغِشاءُ البِلازميُّ من طبقةٍ مُزدوجةِ الجُزَيئات.

الغِشاءُ البِلازميُّ (غِشاءُ الخليَّة)

الرِّيباساتُ عُضَيّاتٌ رِيبيَّةٌ تُخلِّقُ البروتينات، وتكونُ إمّا طافيةً في هَيُولى الخليَّةِ أو مُلتصِقةً بالشَّبكةِ الهَيُوليَّةِ الباطِنة.

الشَّبكةُ الهَيُوليَّةُ الباطِنةُ الخَشِنة

هَيُولى الخليَّةِ (السَّيتُوبلازم) سائلٌ هُلاميٌّ يحوي العُضَيّات، وغالبًا ما يَدُورُ داخلَ الخليَّة.

المُتقدِّرةُ عُضَيٌّ يُولِّدُ الطاقةَ للخليَّةِ بتفاعُلاتِ التَّنفُّسِ الخَلويِّ، وتُوفِّرُ طيّاتُها الداخليَّةُ مِساحةً كبيرةً لِحُدوثِ تلك التفاعُلات.

خليَّةٌ حيوانيَّةٌ نَموذجيَّة

الفَجواتُ الحُوَيصليَّةُ هي جُيوبُ تخزينٍ في الخليَّة، لِتخزينِ الدُّهونِ مثلًا.

د ن أ في النواةِ يَبقى في داخِلِها، لكنَّ التعليماتِ التي يَحمِلُها تُنسَخُ وتُنقَلُ إلى مُختلِفِ أجزاءِ الخليَّة.

الشَّبكةُ الهَيُوليَّةُ الباطِنةُ النّاعِمةُ تُخلِّقُ الدُّهون.

الخَلايا الحيَوانيَّة

الخليَّةُ الحيوانيَّةُ أشْبهُ بكُيَيْسةٍ دقيقةٍ رَخْصةٍ يَملؤُها مائع. يَضُمُّ الخليَّةَ ويَدْعَمُها غِشاءٌ مَرِنٌ رقيقٌ يُدعى الغِشاءَ البِلازميّ. وهو غِشاءٌ نِصْفُ مُنْفِذٍ يَسْمَحُ بمُرورِ بعضِ الكيماويّاتِ عَبْرَه دونَ سِواها. ويتوسَّطُ الخليَّةَ نَواةٌ تَحكُمُ كُلَّ ما يجري داخِلَ الخليَّة. والنَّواةُ مُحاطةٌ بسائلٍ هُلاميٍّ يُدعى السَّيتُوبلازم (أو هَيُولى الخليَّة) يحوي جُسَيماتٍ تُدعى عُضَيّاتٍ، لِكُلِّ ضَرْبٍ منها وظيفتُه في أنشِطةِ الخليَّة.

الشَّبكةُ الهَيُوليَّةُ الباطِنَة

شَبكةُ الهَيُولى الباطِنةُ هي نُطُقُ العَمَلِ في الخليَّة، وتتألَّفُ من مَنظومةٍ من الأغشيةِ المُزدوِجةِ تجري فوقَها التفاعُلاتُ الكيماويَّة. والأغشيةُ مُطَوّاةٌ ومُرْتَصٌّ بعضُها فوقَ بعضٍ كطَبَقاتِ الشَّطيرة، وهي تتَّصِلُ بالغِشاءِ النَّوويِّ وبالغِشاءِ البِلازميِّ (غِشاءِ الخليَّة).

رِيباساتٌ على سُطوحِ الشَّبكةِ الهَيُوليَّةِ الباطِنةِ الخَشِنة.

المَسامُّ في الغِشاءِ حَولَ النَّواةِ (الغِشاءِ النَّوويّ) تَسْمَحُ لِنُسَخِ رامُوزِ الـ د ن أ بالانتِقالِ إلى خارجِ النَّواة.

النَّواة

النَّواةُ هي مَرْكَزُ التَّحكُّمِ في الخليَّة، وتحوي تعليماتٍ كيماويَّةً في جُزَيئاتِ د ن أ (الحامضِ النَّوويِّ الرِّيبيِّ المَنقُوصِ الأكسجين) لِكافَّةِ ما تَقومُ بِه الخليَّة. ويَنتشِرُ د ن أ عادةً في النَّواةِ كألياف طويلة. وتحوي نَوى مُعظمِ الخلايا نُوَيَّةً واحدةً على الأقلّ؛ وهي جِسْمٌ كُرَويٌّ صغيرٌ يُخلِّقُ عُضَيّاتٍ تُدعى الرِّيباساتِ (أو الأجسامَ الرِّيبيَّة).

الخَلايا

١٥٩٠ صانعُ نظّاراتٍ طبِّيَّةٍ هولنديٌّ، زَخاريس جانْسِن يخترعُ المِجهرَ المُرَكَّبَ (مِجهرٌ فيه أكثرُ من عَدَسةٍ واحدة) فيجعلُ الأجسامَ الصَّغيرةَ الدَّقيقةَ مرئيَّةً للمرَّةِ الأولى.

١٦٦٥ العالِمُ الانكليزي روبرت هُوك (١٦٣٥-١٧٠٣) يَفحَصُ شرائحَ رقيقةً عبرَ مِجهرِه؛ فيرى أشكالًا صُندوقيَّةَ الشَّكلِ يدعوها "خلايا".

١٨٣٨ عالِمان ألمانيّان ثيودور شْفان (١٨١٠-١٨٨٢) وجاكوب ماتياس شْلَيْدن (١٨٠٤-١٨٨١) يُرتئيان أنَّ جميعَ الكائناتِ الحيَّةِ تتألَّفُ من خلايا.

١٩٣٧ البيولوجيُّ الفرنسيّ، إدوار شاتون، يَلحَظُ أنَّ بعضَ المُتعضّياتِ المِجهريَّةِ (بِدائيّاتِ النَّواة) ذاتُ خلايا مُختلِفةٍ تمامًا عن خلايا جميعِ الكائناتِ الحيَّةِ الأُخرى.

خليَّةٌ عَصَبيَّة

نبابيتُ شبكيَّةِ العَيْنِ يبلُغُ طولُها ٤٠ ميكرومترًا بالمُقارنةِ مع بَيْضةِ النَّعامةِ التي يَبلُغُ طولُها ٢٥٠،٠٠٠ ميكرومتر.

هذه الصُّورةُ المِجهريَّةُ الإلكترونيَّةُ، المُصطنَعةُ اللَّونِ، لِنَبابيتٍ شبكيَّةِ العَيْنِ تُظهِرُ أربعَ خلايا. أمّا الخليَّتانِ الكُرَويَّتانِ فهُما خليَّتانِ عَصَبيَّتان.

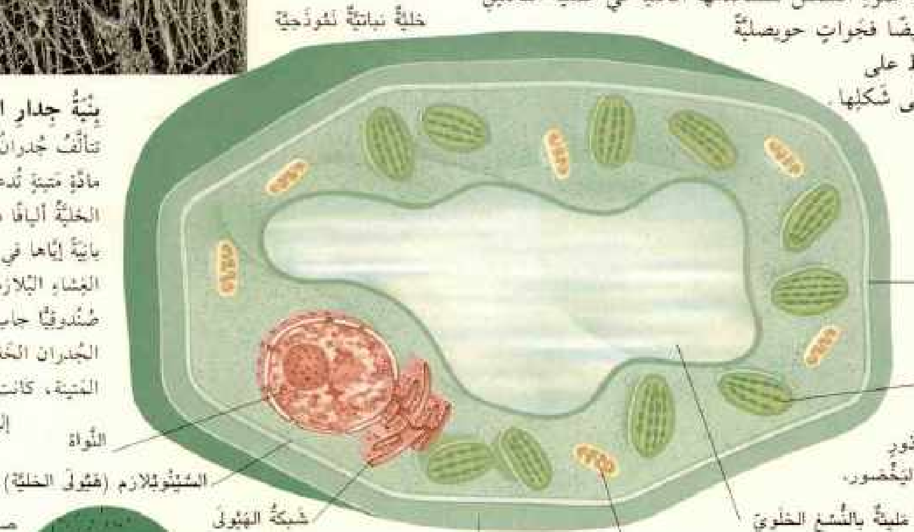
أحْجامُ الخَلايا

مُعظمُ الخلايا الحيوانيَّةِ يتراوحُ قُطرُها بين ١٠ و ٢٠ ميكرومترًا ($\frac{١}{١٠٠}$) إلى $\frac{١}{٥٠}$ من المليمتر)، بينما الخلايا النباتيَّةُ أكبرُ قليلًا. لكنَّ الخلايا تتفاوتُ أحجامُها تفاوُتًا عظيمًا؛ فأصغرُ الخلايا التي تعيشُ حُرَّةً هي بكتيريا تُدعى المَفْطورات، ويَبلُغُ قُطرُ الخليَّةِ منها حوالى ٠،١ ميكرومتر. أمّا البُيوضُ فهي خلايا عِملاقةٌ، أكبرُها بيضةُ النَّعامةِ التي قد يبلُغُ طولُها ٢٥سم، وهي أكبرُ ما يُعرَفُ من خلايا.

بَيْضةُ النَّعامةِ قد يَبلُغُ وزنُها ١،٥كغ

الخَلايا النَّباتيَّة

تختلِفُ الخليَّةُ النباتيَّةُ عن الخليَّةِ الحيَوانيَّة، أساسًا، بأمرَيْنِ مُهِمَّيْن - فهي مُحَاطةٌ، بالإضافة إلى الغِشاء البْلازميّ، بجدارٍ جاسِئٍ من السَّلْيُولُوز، كما تحوي عُضَيَّاتٍ تُدعى جُبَيلاتِ اليَخْضور تُكسِبُها لَونَها الأخضر. وتحتبِسُ هٰذه الجُبيلاتُ طاقةَ ضوءِ الشَّمْس لتستَخْدِمَها الخليَّةُ في عمليَّة التخليق الضوئيّ. مُعظَمُ خَلايا النباتِ تحوي أيضًا فجَواتٍ حويصليَّةً كبيرةً تَخْتزِنُ النُّسْغَ الخلَويَّ الذي يَضغَطُ على جُدرانِ الخليَّة فتبقى مُكتنِزةً مُحافظةً على شَكلِها. فالنَّباتُ يَذْبُلُ بِعَوَزِ الماءِ وفُتورِ ضَغْطِ النُّسْغ (ضغطِ الاكتِناز) على جُدران الخَلايا.



بِنْيةُ جِدارِ الخليَّة

تتألَّفُ جُدرانُ الخلايا النباتيَّة من مادَّةٍ متينةٍ تُدعى السَّلْيُولُوز. فتُصنِّعُ الخليَّةُ أليافًا دقيقةً من هذه المادَّة، بانيةً إيَّاها في طبقاتٍ مُتصالبةٍ خارجَ الغِشاءِ البْلازميّ، لِتؤلِّفَ غِلافًا صُنْدوقيًّا جاسِئًا حَوْلَها. وبدُونِ هٰذه الجُدرانِ الخَلويَّةِ السَّلْيُولوزيَّة المَتينة، كانت مُعظَمُ النباتاتِ تَسْرخ إلى كُتَلٍ رِخْوةٍ خَضراء.

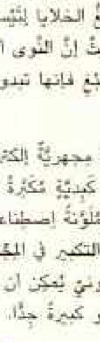
صورةٌ مِجهريَّةٌ ضَوئيَّةٌ للبَكتِريا المُلَبِّنة في اللَّبَن الرائب. وهي مُنارةٌ بضوءٍ أخضر ومُكبَّرةٌ ٤٠٠ مرَّة.

صورةٌ مِجهريَّةٌ بالمَسْحِ الإلكترونيّ (التفرُّسيّ) للبَكتِريا المُلَبِّنة مُكبَّرةٌ ١٠٠٠ مرَّة. المَجاهِرُ الإلكترونيَّة تُنْتِجُ صُوَرًا بالأسودِ والأبيض، أمَّا الصورةُ هنا، فقد لُوِّنَتْ إصطناعيًّا بالحاسوب.

تَفَحُّصُ الخَلايا

مُعظَمُ الخَلايا أصغَرُ جِدًّا من أن يُرى بالعَيْنِ المُجَرَّدة، لِذا يَسْتخدِمُ البيولوجيُّون المَجاهِرَ لِتفحُّصِها. فبالمِجْهرِ الضوئيّ يُمكِنُ تكبيرُ الأشياءِ بوُضوحٍ إلى حوالَى ٢٠٠٠ مرَّة. وتُستخدَمُ أصباغٌ، أو إنارةٌ خاصَّةٌ، لإبرازِ أجزاءِ الخليَّة المُختلِفة. أمَّا المِجْهرُ الإلكترونيُّ فيُمكِنُه تكبيرُ الأشياءِ أكثَرَ من مليونِ مرَّة، لكنَّه لا يُستخدَمُ عادةً في تفحُّصِ عيِّناتٍ حيَّة. هذا وتَبْدو الصُّورةُ في مِجْهرِ المَسْحِ (التفرُّس) الإلكترونيّ مُجَسَّمةً ثُلاثيَّةَ الأبعادِ تقريبًا.

صورةٌ مِجهريَّةٌ ضوئيَّةٌ لخلايا كَبِديَّةٍ مُكبَّرةٌ ٥٦ مرَّة. وقد جرى صَبْغُ الخلايا لِتيسيرِ رُؤيتِها وحيثُ إنَّ النُّوى أشدُّ امتصاصًا للصِّبْغ فإنها تبدو أعْمَقَ لونًا.





صورةٌ مجهريَّةٌ إلكترونيَّة لخلايا كَبِديَّةٍ مُكبَّرةٌ ٩٠ مرَّة ومُلوَّنةٌ إصطناعيًّا. درجةُ التكبيرِ في المِجْهر الإلكترونيّ يُمكِن أن تكونَ قليلةً أو كبيرةً جدًّا.

صورةٌ مِجهريَّةٌ ضوئيَّةٌ لألياف عضليَّة مُكبَّرةٌ ١٤٠ مرَّة. يُمكِنُ مُشاهدةُ النُّوى المُتعدِّدة وكذلك بعض التخطُّطِ المُميِّز للعَضَلات التي تشُدُّ العِظام.



صورةٌ مجهريَّةٌ إلكترونيَّةٌ مُلوَّنة إصطناعيًّا لِليفةٍ عضليَّةٍ مُفرَدة، مُكبَّرةٌ ١٩٤٠ مرَّة. تتألَّفُ الليفةُ من لُيَيْفاتٍ مُتوازيةٍ عديدة، يبْلُغُ قُطْرُ اللُّيَيْفةِ منها $\frac{1}{1000}$ من المِليمتر.

بَكتيرٌ (جُرثومٌ) نَموذجيّ
جُزَيءُ د ن ا طَليقٌ في هَيُولى الخليَّة
غِشاءٌ بْلازميّ (غِشاءُ الخليَّة)
هَيُولى الخليَّة (السِّيتوبْلازم)
جِدارٌ خلَويٌّ ثَخينٌ خارِجَ الغِشاءِ البْلازميّ
زَوائدُ سَوطيَّةٌ تُحرِّكُ البَكتيرْيَة.

الخَلايا البُدائيَّة

خَلايا البَكتِريا والمُتعضِّيات الصُّغريَّةِ الأخرى لا تحوي نُوًى ولا مُتَقَدِّرات، وتُدعى بُدائيَّاتِ النُّوى. أمَّا باقي الخلايا الأخرى، كخَلايا النباتِ والحيَوان، فتحوي نُوًى، وتُدعى سَويَّاتٍ أو حقيقيَّاتِ النُّوى، وهي أكثرُ شُيوعًا.

لمزيدٍ من المعلوماتِ انْظُر

العُلماء - كيفَ وماذا يعملون ص ١٤
الأبْصار ص ٢٠٤
المُتعضِّياتُ الوحيدةُ الخليَّة ص ٣١٤
الجراثيم (البكتيريا) ص ٣١٣
التَّخليقُ الضوئيّ ص ٣٤٠
التنفُّسُ الخَلويّ ص ٣٤٦

خليَّتانِ حارستان حَوْلَ ثُغَيْرٍ نباتيّ
خليَّةٌ حيوانيَّةٌ عصبيَّة
خليَّةٌ حيوانيَّةٌ دُهنيَّة
خلايا نباتيَّةٌ غِرباليَّة
خليَّةٌ حيوانيَّةٌ عضليَّة



خليَّةُ دمٍ حمراءُ (لحيوانٍ لَبُون)

أشكالٌ مُختلفةٌ لِوظائفَ مُختلِفة

الخلايا المُختلِفةُ النَّمطِ في النباتِ والحَيوان هي خلايا مُتخصِّصةٌ للقيامِ بوَظيفةٍ مُحدَّدة. فالخلايا الدُّهنيَّةُ تختزِنُ الدُّهنَ كنسيجٍ دهنيّ، أو لِحينِ الحاجةِ إلى دُهنٍ للطاقة. والخلايا العَصَبيَّةُ تنقُلُ الرسائلَ مِنْ أحدِ أجزاءِ الجِسْمِ إلى جُزءٍ آخَر، والخلايا العَضَليَّةُ تتقلَّصُ لِتحريكِ أحدِ أجزاءِ الجِسْم. وتنقُلُ خلايا الدَّمِ الحُمْرُ الأكسجينَ في الحيوان، كما تنقُلُ الخلايا الغِرْباليَّةُ المُغذِّياتِ في النبات. وبخلافِ مُعظَمِ الخلايا الأُخرى، فهٰذانِ النَّوعانِ من الخلايا عَديما النَّواة. وتتواجَدُ الخلايا الحارِسةُ في سَطحِ ورَقةِ النبات وتتحكَّمُ بالثُّغَيراتِ لِضَبْطِ النَّتْحِ والتنفُّس، وهي تحوي أيضًا جُبَيلاتِ اليَخْضورِ لاستِخدامِ طاقةِ الشَّمْسِ في التخليقِ الضوئيّ.

التَّخْليقُ الضَّوئيّ



نحنُ لا يُمكِنُنا تخليقُ الغِذاءِ بمُجَرَّدِ التعرُّضِ لِنُورِ الشَّمْس كما تفعلُ النباتات. فخِلالَ عمليَّةِ التخليقِ الضوئيِّ تَسْتَمِدُّ النباتاتُ الطاقةَ من شَعِّ الشَّمْس لِتَسْتَخْدِمَها في تحويل الماء وثاني أُكسيد الكَربون إلى سُكَّرٍ بَسيطٍ يُدعى الغلوكوز. وهي تَسْتهلِكُ قِسْمًا من هٰذا الغلوكوز في أنشِطة خلاياها، وتُحَوِّلُ الباقي إلى مَوادَّ أُخرى كالنَّشاءِ والسِّلْيُولُوز. والنباتاتُ ليسَت الكائناتِ الحيَّةَ الوحيدةَ التي تقومُ بعَمليَّةِ التخليق الضوئيّ، فبَعْضُ الأوالي وبُدائيَّات النَّوى (المُونِيرا) تُخَلِّقُ الغِذاءَ بهذه الطريقةِ أيضًا.

في عمليَّةِ التَّخْليقِ الضوئيّ تُفاعِلُ الأوراقُ الماءَ وثاني أُكسيد الكربون وتُنْتِجُ الغلوكوزَ والأُكسجين، حسَبَ المُعادلة الكيماويَّة التالية:

٦ك أ٢ + ٦هـ٢أ ← ك٦هـ١٢أ٦ + ٦أ٢

$$6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

جُزَيءُ أُكسجين

جُزَيءُ ثاني أُكسيد الكربون

جُزَيءُ ماء

جُزَيءُ غلوكوز

تَسْتَهْلِكُ النبتةُ قِسْمًا من الغلوكوزِ كطاقةٍ وتَخْتَزِنُ الباقي بعدَ تحويله إلى مَوادَّ أُخرى كالسُّكَّرِيَّاتِ البسيطةِ والنَّشاء، وتُطلِقُ الأُكسجينَ في الهواء.

تأخذُ النبتةُ ثاني أُكسيد الكربون من الهواء وتَسْتَمِدُّ الماءَ من التُّرْبة.

تتلقَّى الأوراقُ شَعَّ الشَّمْس فتَحْتَبِسُ طاقةَ الضوءِ في اليَخْضورِ والخُضُبِ الأُخرى.

تَنْتَشِرُ على صفحةِ الورقةِ السُّفْلى بخاصَّةٍ مَسامُّ دقيقةٌ تُدعى ثُغَيرات، يَتِمُّ عَبْرَها دُخولُ ثاني أكسيد الكربون وخُروجُ الاكسجين.

جُبَيْلَةُ اليَخْضور

ثُغَيْرة

عندما يَسْطَعُ الضَّوءُ على قِطعةٍ من عُشْبِ البِرَك تحت القِمْعِ تتصاعَدُ فقاقيعُ الأُكسجين في أُنبوبِ الاختِبار.

عُشْبُ البِرَكِ في ماءِ المَرْطَبان تحت قِمْعٍ زُجاجيّ.

لماذا أوراقُ النَّباتِ في مُعظمِها خضراءُ؟

يتألَّفُ ضوءُ الشَّمْسِ من ألوانٍ مُتعدِّدة. وغالبيَّةُ النباتاتِ تحوي خِضابًا أخضرَ، يُدعى اليَخْضورَ (الكلوروفيل)، يَعكِسُ الجُزءَ الأخضرَ من الضَّوء، فنَراها خضراء. ويَمْتَصُّ اليَخضورُ الجُزأَينِ الأزرقَ والأحمرَ ويَسْتخدِمُهُما في عمليَّةِ التخليقِ الضوئيّ. وهُنالكَ نباتاتٌ، كالزَّانِ النُّحاسيِّ أو الأرجُوانيِّ اللَّوْنِ المُبيَّنِ في الحَرَجَةِ أعلاه، وكالأعشابِ البَحْريَّةِ الحمراءِ والبُنِّيَّة، تَسْتخدِمُ بالإضافةِ إلى اليَخْضورِ، خُضُبًا أخرى تمتَصُّ ألوانًا أخرى من الضَّوءِ فلا تَبدو خضراء.

كيمياءُ التَّخليقِ الضَّوئيّ

تَتِمُّ عمليَّةُ التَّخليقِ الضَّوئيِّ في الأوراقِ حيثُ يَحوي العديدُ من خَلاياها عُضَيَّاتٍ دقيقةً تُدعى جُبَيْلاتِ اليَخضور. يَحتبِسُ اليَخْضورُ والخُضُبُ الأخرى، في الجُبَيْلات، طاقةَ شَعِّ الشَّمْسِ لِتَسْخيرِها في إتمامِ سِلْسلةٍ مُعقَّدةٍ من التَّفاعُلات الكيماويَّة. في هذه التفاعلاتِ تتحَلَّلُ جُزيئاتُ الماءِ إلى ذرّاتٍ من الهِدْروجين والأُكسجين؛ فتتَّحِدُ ذرّاتُ الهِدْروجين بجُزيئاتِ ثاني أُكسيد الكربون لِتُنْتِجَ الغلوكوز، ويُطلَقُ الأكسجينُ حُرًّا كناتِجٍ ثانويّ.

تحريرُ الأُكسِجين

لا يُمكِنُنا مُشاهَدَةُ الأُكسجينِ الذي تُطلِقُهُ النباتاتُ في الظروف العاديَّة. لكنْ أثناءَ عمليَّةِ التخليقِ الضَّوئيِّ في النَّباتات المائيَّة، تتكوَّنُ فقاقيعُ الأُكسجين أحيانًا على سُطوح الأوراق. أمّا ثاني أكسيد الكربون فتَحْصُلُ عليه هذه النباتات من المُذابِ منهُ في الماء.

جُبَيْلاتُ اليَخْضور

تَضُمُّ معظمُ الخلايا داخلَ الورقةِ عَشَراتٍ من جُبَيْلاتِ اليَخْضور - تتألَّفُ واحدتُها من كُدْسَةِ أقراصٍ دقيقة. ويَحوي سطحُ كُلِّ قُرصٍ يَخْضورًا وخُضُبًا أخرى تحتبِسُ الطاقةَ من ضوءِ الشَّمْس.

يَنْتَشِرُ اليَخْضورُ على سُطوحِ الأقراص.

جان إنجِنْهوز

اعتقدَ النّاسُ سالِفًا أنَّ نُمُوَّ النباتاتِ يتِمُّ بامتِصاصِ الموادِّ من التُّرْبةِ فقط. ثُمَّ تَبَيَّنَ في القَرْنِ الثامِنَ عشَرَ أنَّها تَحتاجُ إلى الهواءِ أيضًا. فقد اكتشفَ العالِمُ الهولَنديُّ، جان إنجِنْهوز (١٧٣٠-١٧٩٩)، أنَّ النباتات، في نورِ الشَّمْس، تأخذُ ثاني أكسيد الكربونِ من الهواء وتَلْفِظُ الأكسجين. كما وَجَدَ أنَّ مَسارَ هٰذين الغازَيْن يَنْعَكِسُ في الظُّلْمةِ (نتيجةً لِعمليَّةِ التنفُّسِ المُسْتَمِرَّة).

أوراقُ الخريف

في الخريف، يَنْحَلُّ اليَخْضورُ في أوراقِ الكثيرِ من الشَّجَرِ (نُسَمِّيها المُعبِلة) فتتلوَّنُ حينئذٍ بأيِّ خُضُبٍ أخرى باقيةٍ فيها كالخُضُبِ الجَزَرانيَّة التي تجعَلُ الجَزَرَ بُرتقاليًا، أو الأنثوسيانينيَّة، التي تجعَلُ بعضَ التفاحِ أحمَرَ.

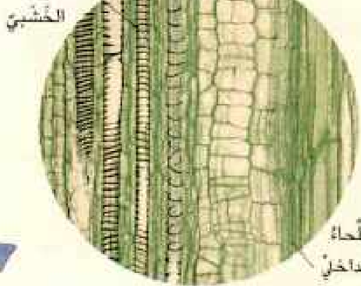
لمزيدٍ من المَعلومات انْظُر

توصيفُ التَّفاعُلات ص ٥٣
الضَّوء ص ١٩٠
الألوان ص ٢٠٢
الهَضْم ص ٣٤٥
التَّنفُّسُ الخَلَويّ ص ٣٤٦
النُّمُوُّ ومَراحِلُه ص ٣٦٢

نِظامُ النَّقْلِ في النَّبات

إذا أغفلْتَ تزويدَ نبتةٍ مَنزليَّةٍ بالماء، فإنَّها تذبُل وتموت. ويحدُثُ ذلك لأنَّ النباتاتِ تحتاجُ إلى الماءِ لِتعيش. يَسري الماءُ صُعُدًا عَبْرَ جُذورِ النَّبتةِ وسُوقِها وأغصانِها، ويتبَخَّرُ في الهواءِ بالنَّتح من أوراقِها وأزهارِها. وتعملُ هذه الحركةُ على إبقاءِ خلايا النَّبتةِ مُكتَنِزَةً، كما تحمِلُ إلى عَلُ الموادَّ الغذائيَّةَ المُذابةَ من التُّربَةِ. وفي النباتِ نِظامُ نَقْلٍ آخَرَ يُدعى "إنتِقالَ النُّسغِ الكامِل" يَعمَلُ عادةً في الاتِّجاه المُعاكِس، حامِلًا الموادَّ الغذائيَّةَ من الأوراقِ إلى البراعِمِ والعَساليجِ والجُذور.

يتبخَّرُ الماءُ من الوَرَقة عَبْرَ مَسامٍّ دقيقةٍ تُدعى ثُغَيْرات، تنتشِرُ بخاصَّةٍ على صَفحتِها السُّفلى.



نِظامُ نَقْلٍ في اتِّجاهَيْن

يَنتقِلُ الماءُ صُعُدًا في النَّبتةِ عَبْرَ خلايا النَّسيجِ الخَشَبيِّ الأُسطوانيَّةِ الشَّكلِ والمتَّصِلةِ طرَفًا بطرَف. وعندما تموتُ تلك الخلايا تُخلِّفُ وراءَها أوْعيةً أنبوبيَّةً دقيقةً مَلأى بالنُّسغِ الناقِصِ تمتَدُّ من الجُذورِ صُعُدًا إلى كُلِّ ورقة. أمَّا الموادُّ الغذائيَّةُ المُذابة (النُّسغُ الكامِل) فتنتقِلُ عَبْرَ نظامٍ من الأوعيةِ الأنبوبيَّةِ المُختلفةِ تؤلِّفُها خلايا اللِّحاءِ الداخليّ.

الموادُّ الغذائيَّةُ المُصنَّعةُ بالتخليقِ الضَّوئيّ (النُّسغُ الكامل) تنتقِلُ من الأوراقِ نُزولًا إلى أجزاءِ النَّبتةِ عَبْرَ خلايا اللِّحاءِ الداخليّ.

النَّسيجُ الخَشَبيّ يَنقُلُ الماءَ ومُذاباتِه (النُّسغ الناقِص)

اللِّحاءُ الداخليّ يَنقُلُ الغِذاء (النُّسغ الكامل)

حُزمةٌ وِعائيَّة

الاغتِذاءُ بالنُّسغ

المائعُ السُّكَّريُّ في خلايا اللِّحاء (الداخليّ) يُوَفِّرُ غِذاءً غَنيًّا بالطاقةِ لِلحشَراتِ ماصَّةِ النُّسغ. فالأرَقُ (حشَراتُ المَنّ) تثقُبُ السُّوقَ وخلايا اللِّحاءِ الداخليّ بأجزاءِ أفواهِها الحادَّة، ثُمَّ تجرِسُ النَّزَّ النُّسغيّ. وأحيانًا تجرِسُ الأرَقةُ من المادةِ السُّكَّريَّةِ أكثرَ مِمَّا يُمكِنُها هَضمُه، فتُفرِزُه قَطراتٍ لَزِجَةً تُدعى عَسَلَ الأرَق.

قدَمُ الأسد (الكيميلا فلجارِس)

التَّنَحْ

تَفقِدُ الشجرةُ الضخمةُ يوميًّا قُرابةَ ألفِ لِترٍ من الماءِ عَبْرَ أوراقِها بالتبَخُّر، فما الذي يدفعُ الماءَ صُعُدًا لِتعويضِ ذلك؟ الواقِعُ أنَّ الماءَ الصاعِدَ يُدفَعُ ويُجذَب. فالجُذورُ غالبًا تَدفَعُ الماءَ صُعُدًا إلى مدًى قليلٍ بما يُدعى ضغطَ الجُذور، كما إنَّ الماءَ المُتبخِّرَ من الأوراقِ يَجذِبُ مَزيدًا من الماءِ لِيَحُلَّ مَحلَّه. ويحدثُ هذا في بعضِه، لأنَّ جُزيئاتِ الماءِ يَجذِبُ بعضُها بعضًا، وفي بعضِه الآخر بالضغطِ التناضُحيّ (الأزموزيّ).

يَنتقِلُ الماءُ صُعُدًا في النَّبتةِ من الجذور

أنابيبُ النَّقل

خلايا النَّسيجِ الخَشَبيِّ واللِّحاءِ الداخليِّ تتضامُّ معًا في مجموعاتٍ تُدعى الحُزَمَ الوِعائيَّة - يكونُ النسيجُ الخشَبيُّ من الداخِلِ واللِّحاءُ من الخارج. وغالبًا ما تكونُ خلايا النسيجِ الخشَبيِّ مُقوَّاةً مِمَّا يُبقي الأنابيبَ مفتوحةً لِانتقالِ السَّوائلِ صُعُدًا بسُهولة.

شريحةٌ من ضِلعِ الكَرَفْس تُبيِّنُ خلايا النسيجِ الخشَبيِّ مُلوَّنةً بالصِّبغ.

التبخُّرُ من الأوراقِ يَجذِبُ الماءَ والصِّبغَ صُعُدًا عبْرَ ضِلعِ الكَرَفْس.

الإدماعُ (النَّضح)

أحيانًا في النَّباتاتِ الخفيضةِ (اللاطئة)، يُضَخُّ الماءُ صُعُدًا من الجذورِ بسُرعةٍ تفوقُ سُرعةَ نتْحِه من الأوراق. فتتكوَّنُ نتيجةً لِذلك قُطيراتُ ماءٍ حَوْلَ أطرافِ الورقةِ لأنَّ الماءَ لم يتبَخَّرْ بسُرعةٍ كافية. ويُعرَفُ هذا بالنَّضحِ أو الإدماعِ «النباتيّ». ويَحدُثُ الإدماعُ غالبًا بعدَ العَتمةِ شرطَ أن يكونَ الهواءُ ساكِنًا ورَطْبًا.

التَّناضُح

إذا وَضَعْتَ عُسقُولَ بطاطا مَقشورًا في ماءٍ مالحٍ جدًّا، فسَيَسْفُطُ الماءُ من خلايا البطاطا إلى الخارج. أمَّا إذا وَضَعْتَه في الماءِ العاديّ، فخلايا البطاطا هي التي تَمتَصُّ الماءَ حينئذٍ. إنَّ سَريانَ الماءِ إلى الخلايا أو مِنها يُدعى التَّناضُح. وفي عمليَّةِ التناضُحِ يَسري الماءُ عَبْرَ غِشاءٍ نِصفِ مُنفِذٍ منَ الجانبِ الذي يحوي نِسبةً أعلى من جُزيئاتِ الماءِ إلى الجانبِ الذي يحوي نِسبةً أخفضَ من جُزيئاتِ الماء (وبالتالي مَوادَّ مُذابةً أكثر).



وُضِعَ مُكعَّبٌ من البطاطا في ماءٍ مالحٍ مُدَّةَ أربعٍ وعشرين ساعة، فتقلَّصَ قليلًا لأنَّ الماءَ سُفِطَ منه إلى الخارجِ بالتناضُح.

وُضِعَ مُكعَّبٌ من البطاطا من الحجمِ نَفسِه في الماءِ العاديّ مُدَّةَ أربعٍ وعشرين ساعة، فانتفَخَ قليلًا لأنَّه امتصَّ ماءً بالتناضُح.

مُشاهدةُ النَّتح

يُمكِنُك مُعاينةُ النَّتحِ عمليًّا بوَضعِ ضِلعٍ مُورِقٍ من الكَرَفْسِ في إناءٍ لُوِّنَ ماؤُه بصِبغِ أطعِمةٍ أحمر. فمع تبخُّرِ الماءِ من الأوراقِ يصعَدُ الماءُ في الضِّلعِ حامِلًا الصِّبغَ معه. وهذا دليلٌ بيِّنٌ على أنَّ الماءَ ينتقِلُ عَبْرَ أنابيبَ دقيقةٍ هي خلايا النَّسيجِ الخَشَبيّ.

لمزيدٍ من المعلوماتِ انظُر

النظريَّةُ الحرَكيَّة ص ٥٠
الألوان ص ٢٠٢
النَّباتاتُ الزَّهريَّة ص ٣١٨
الخلايا ص ٣٣٨
التخليقُ الضَّوئيّ ص ٣٤٠
التكاثُرُ اللاجِنسيّ ص ٣٦٦

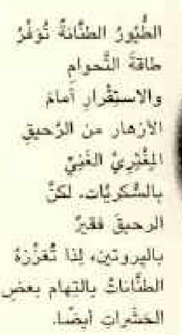
التَّغذِيَة

كُلُّ كائنٍ حَيّ يَحتاجُ إلى المُغَذِّياتِ (الموادِّ الأوَّليَّة) لِيَعيش. والتَّغذيةُ هي وسيلةُ الحُصولِ على تلكَ الموادِّ واستِخدامِها كما ينبغي. والإنسانُ، كسائرِ الحيواناتِ الأُخرى، غَيْرِيُّ الاغتِذاء، إذْ يَحْصَلُ على المُغَذِّياتِ بتناوُلِ الأطعمةِ العُضويَّةِ مُرَكَّبةً. وتحوي الأطعمةُ المختلِفةُ ثلاثةَ أنواعٍ رئيسيَّة من المُغذِّياتِ هي البروتينات والدُّهون والكربوهدْراتات. فالبروتيناتُ تَبْني أجسامَنا وتُرَمِّمُ ما يتلَفُ من أنسجَتِها، أمَّا الدُّهونُ والكربوهدْراتات فتُستخدَمُ أساسًا لِتوفيرِ الطاقة. كذلكَ نَحتاجُ إلى مُغذِّياتٍ أُخرى، لكِنْ بمقاديرَ أقلَّ، كالمعادنِ التي تَبْني جُزَيئاتٍ مُهِمَّةً في الجِسْم، والڤيتاميناتِ التي تَحفِزُ تفاعُلاتٍ كيماويَّةً مُعيَّنة. أمّا النَّباتاتُ فمُختلِفةٌ طريقةِ العيشِ تمامًا، فهي ذاتيَّةُ الاغتِذاء تقومُ بتَصنيعِ غِذائها بنَفسِها، ولا تحتاجُ في ذلكَ إلّا إلى مُغذِّياتٍ بسيطةٍ كثاني أُكسيدِ الكربونِ من الهواءِ، والماءِ والأملاحِ المَعدنيَّةِ من التُّربة.



الغِذاءُ المُتوازِن

التَّغذيةُ الجيِّدةُ تَعني تَناوُلَ الغذاءِ الصحيحِ بالنِّسَبِ الصحيحة. في الطَّبَقِ أعلاه، وَجْبةٌ تشمَلُ أصنافَ أطعمةٍ مُختلفةً تُوفِّرُ توازُنًا من البروتينات والدُّهون والكربوهدراتات، كما تحوي مَدًى شامِلًا من المعادنِ والڤيتامينات. إنَّه من المُهِمّ جدًّا تناوُلُ تشكيلةٍ شامِلةٍ من الأطعمة، بَدَلَ الأطعمة "الخفيفة" كالمَقلُوّاتِ القَرِشَة، التي تُوفِّرُ غالبًا الدُّهون والكربوهدراتات دُونَ سِواها.



الطُّيورُ الطنّانةُ تُوفِّرُ طاقةَ التَّحوامِ والاستِقرارِ أمامَ الأزهارِ من الرَّحيقِ المُغْتَرِيّ الغَنِيِّ بالسُّكَّريات. لكنَّ الرحيقَ فقيرٌ بالبروتين، لِذا تُعَزِّزُهُ الطنّاناتُ بالتِهامِ بعضِ الحشَراتِ أيضًا.



مِنْقارُ الطنّانِ طويلٌ أُنبوبيُّ الشَّكل كقَشَّةِ الشُّرْب.

النِّظامُ الغِذائيّ

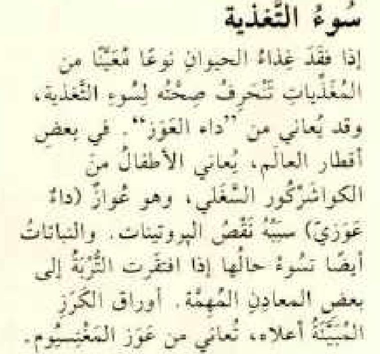
النِّظامُ الغذائيّ، بالنِّسبةِ لِلعالِم، لا عَلاقةَ له بالحِمْيَةِ وتخفيفِ الوَزْن، بل هو مُجْمَلُ ما يتناولُه الحيوانُ من الطَّعام. بعضُ الحيواناتِ مُتنوِّعُ الطَّعام، وبعضُهُ انتِقائيٌّ مُتخصِّص. فالطنّانُ البالِغُ، مثلًا، يقتاتُ أساسًا بمُعْتَرِ (رَحيقِ) الزَّهر، وهو سائلٌ سُكَّريٌّ غَنِيٌّ بالكربوهدراتات ومَصْدَرٌ جيِّدٌ لِلطّاقة.

العاشِبات

ضُروبٌ كثيرةٌ من الحيوان، من الأساريعِ حتّى الفِيَلة، تقتاتُ بالأغذيةِ النباتيّةِ فقط، وتُعرَفُ بالعاشِبات. لكِنَّ هذا الطعامَ يَفتقِرُ غالبًا إلى المُغذِّيات. لِذا تَقْضي العاشِباتُ قِسْمًا كبيرًا من حياتِها في الأكلِ لِلحُصولِ على كِفايتِها من الطاقةِ والمُغذِّيات. بعضُ العاشِباتِ، كالجِمال، يحوي جهازُها الهَضْميُّ نوعًا من البكتيريا يُساعِدُها في تحليلِ الطَّعامِ لاستِخلاصِ المُغذِّياتِ منه.

شَرْنَقةُ (أسروعُ) الفراشةِ المَفروكةِ الذَّيْل (پاپيليو ماكاوْن) تكادُ لا تتوقَّفُ عن الأكلِ ما دامَتْ يَقِظة.





سُوءُ التَّغذية

إذا فقَدَ غِذاءُ الحيوانِ نوعًا مُعيَّنًا من المُغذِّياتِ تَنحرِفُ صِحَّتُه لِسُوءِ التَّغذية، وقد يُعاني من "داء العَوَز". في بعضِ أقطارِ العالَم، يُعاني الأطفالُ من الكواشِرْكور السَّغَلي، وهو عُوازٌ (داءٌ عَوَزيّ) سببُهُ نَقْصُ البروتينات. والنباتاتُ أيضًا تَسُوءُ حالُها إذا افتقرَتِ التُّربةُ إلى بعضِ المعادِنِ المُهِمَّة. أوراقُ الكَرْزِ المُبيَّنةُ أعلاه، تُعاني من عَوَزِ المَغنيسيوم.



اللّاحِمات

سَمَكةُ الكَراكي من اللَّواحِم - التي تَغْتذي بالحيواناتِ الأُخرى. فطعامُها غَنِيٌّ بالمُغذِّيات، لذلكَ تكفيها الوَجْبةُ الواحدةُ منهُ وَقتًا طويلًا. لكِنَّ هذا النوعَ من الطعامِ ليسَ سَهْلَ المأتى، فتَبذُلُ السَّمكةُ غالبًا، كما سائرُ اللَّواحِم، طاقةً وجُهدًا ووَقتًا طويلًا لإيجادِ الوَجْبةِ من الطَّعامِ واقتِناصِها.



القَوارِت

الراكونُ والذِّئبُ والإنسانُ من القوارِتِ التي تَغْتذي بالأطعمةِ النباتيّةِ والحيوانيّة. والقوارِتُ ليسَتْ مُتشدِّدةً في انتِقاءِ طعامِها - لذا يتيسَّرُ لها عادةً إيجادُ ما تأكُلُه. ويَسْتطيبُ الراكونُ بخاصّةٍ الاقتياتَ بفَضَلاتِ أطعمةِ الإنسان.



لمزيدٍ من المعلوماتِ انْظُر

كيمياءُ الأغذيةِ ص ٧٨
المَفصِليّاتُ ص ٣٢٢
الأسماكُ ص ٣٢٦
الاغتِذاءُ ص ٣٤٣
الأسنانُ والفَكّانُ ص ٣٤٤
الهَضْمُ ص ٣٤٥
السَّلاسِلُ والشَّبكاتُ الغذائيّةُ ص ٣٧٧
حَقائقُ ومَعلوماتٌ ص ٤٢٢

الاغْتِذاء

في العُصُورِ الغَابِرة، كانَ الناسُ يَحصُلونَ على قُوتِهِمْ بجَمْعِ البزُورِ والثِّمارِ وصَيْدِ الحَيوانات. أمَّا اليومَ فمُعظمُ طعامِنا يُنْتَجُ في المَزارِعِ على اختِلافِها؛ وبدَلَ أن نَجْمَعَهُ بأنفُسِنا، يَقُومُ أهلُ الحَضَرِ وسُكَّانُ المُدُنِ منّا بشرائه من الحوانيت. غَيْرَ أنَّ ذلكَ مُختلِفٌ جدًّا في العالَمِ الطبيعيِّ؛ فالحيواناتُ البريَّةُ تَقْضي قِسْمًا كبيرًا من وَقْتِها في الاغتِذاءِ أو في طَلَبه سالِكةً سُبُلًا تعتمِدُ على نوعِ الطَّعامِ الذي تأكُلُه. فالعاشِبات (آكِلاتُ النَّبْت) عمومًا لا تَبْحَثُ بَعيدًا عن طعامِها، لأنَّ النباتاتِ مُسْتَقِرَّةٌ في مَواقِعِها لا تُفارِقُها. أمّا اللّاحماتُ (آكِلاتُ اللَّحْم) فعليها تعَقُّبُ فَرائسِها وقَنْصِها؛ لكِنَّ بعضَ الحيواناتِ، كالبَرْنَقلِ وشُقَّيقِ البَحْر، يقبَعُ في مكانٍ واحد ويَنْتَظِرُ اقترابَ الغذاءِ منه.



الأمانُ مع القَطيع
تَغْتَذي الغِزلانُ بالأعشابِ في سُهولِ إفريقية الشاسِعةِ المكشوفةِ أمامَ أعدائها الكُثُر - حيثُ سبيلُها الدِّفاعيُّ الوحيدُ هو سُرعةُ العَدْوِ هَرَبًا. لذا تَجِدُ الغِزلانُ أمانًا أفضلَ بالعيشِ قُطعانًا. فبينما بَعضُها يَرعى العُشْبَ، يقومُ البعضُ الآخَرُ بالمُراقبة الحَذِرةِ تحسُّبًا لأيِّ خطَرٍ داهِم.



المُفْتَرِسُ والفَريسَة
الزَّبابَةُ القَزَمَةُ هي إحدى أصغرِ اللَّبونات المُفترِسَة حَجْمًا إذ لا يَزيدُ طولُها، من الرأسِ إلى طرَفِ الذيل، على ٧,٥سم ولا يَزيدُ وَزْنُها على ثقلِ مُكَعَّبٍ من السُّكَّر. ورُغْمَ حَجمِها الضَّئيل، فهي ضاريةٌ شرِسَةٌ شرِهة تقتنِصُ الخُرطونَ (دودةَ الأرض) بأسنانِها الحادَّةِ وتبدأ الاغتِذاءَ بها على الفور. وتستهلِكُ الزَّبابَةُ يوميًا كميَّةَ طعامٍ تُقارِبُ وَزْنَها كضرورةٍ حياتيَّة. أمّا الضَّواري اللَّبونةُ الأكبَرُ، فتأكُلُ كميّاتٍ أقلَّ نِسْبيًا، لأنَّ أجسامَها تستهلِكُ الطاقةَ بمُعدَّلٍ أبطأَ كثيرًا.



العَمَلُ كفَريق
تصيَّدُ بعضُ الضَّواري فرائسَها بالعملِ جماعةً كفَريق. هنا أحدُ بَناتِ آوى يُهاجِمُ الغَزالةَ الأُم، رُغْمَ أنّه لا يَقْوى عليها، ليصرِفَ انتباهَها عن صَغيرِها - في حين يَنْقَضُّ ابنُ آوى الآخَرُ على الصغيرِ ويَقْبِضُه. وهكذا ينجحان معًا في الحصُولِ على وَجْبةٍ ما كانَ يستطيعُ واحِدُهما الحصُولَ عليها بمُفْرَدِه.



الاغتِذاءُ الارتشاحِيّ
هذه الدُّودةُ المِرْوَحِيَّةُ (بروتيولا إنْتِسْتُوم) تَعتاشُ بارتشاحِ الجُسَيماتِ الغِذائيَّةِ الدقيقةِ من الماء. فمَراوِحُها حَلَقاتٌ من اللَّوامِسِ تحتَبِسُ جُسَيماتِ الطَّعام؛ فتدفَعُها شُعَيراتٌ دقيقةٌ نحو فَمِ الدودة. هنالك حيواناتٌ مُختلفةٌ كثيرةٌ تعتاشُ بارتِشاحِ الغِذاء، تشمَلُ الرِّخْويّاتِ، كالمَحارِ وبَلَحِ البَحْرِ والإسْفَنجيّاتِ والحَبّاراتِ الكبيرة. وتَقضي الحيواناتُ الصغيرةُ الارتشاحيَّةُ الاغتِذاءِ عادةً حياتَها البالغةَ في مكانٍ واحد. أمّا أكبَرُ الحيواناتِ الارتشاحيّةِ التَّغذيةِ فهي الحيتانُ التي تَرْتَشِحُ غِذاءَها أثناءَ السِّباحة.



الاغتِذاءُ بفَضَلات الطَّعام
عِدَّةٌ من الفُطُرِ المُختلِفةِ تَغْتَذي بالموادِّ الغذائيَّةِ في هذه القِطعة من الخُبْز. وهي طبعًا لا تبتلِعُ قِطَعَ الخُبْزِ كامِلةً، بل تَمْتَصُّ منها الكيماويَّاتِ الغذائيّةَ بواسطةِ كُتْلَةٍ من الخِيطانِ الدقيقة. وهذه الفُطُر، كما البكتيريا، مُهِمَّةٌ جدًا لأنّها تعمَلُ على تفكيكِ وانحِلالِ بَقايا المُتعضِّياتِ الحيَّةِ بعدَ موتِها، ولذلكَ تُسمَّى رِمّامات. وهنالكَ فُطُرٌ أُخرى تعتاشُ وتنْمو على المُتعضِّياتِ الحيَّة، وتُسمَّى طُفَيليّات.

شَبكةٌ تحت مائيَّة
تعيشُ يرقاناتُ الكاديس (الذُّبابة الشَّعرية الجَناحين) في المجاري النهريَّة حيثُ يزحَفُ مُعظمُها بحثًا عن الغِذاء. لكِنَّ بعضًا منها يَغْتَذي بأسلوبٍ مُختلِف، فتنصِبُ اليرقانةُ شبكةً حريريَّةً تقبَعُ هي في عُنُقِها بانتِظارِ الحيواناتِ الصغيرةِ التي تسوقُها المياهُ إلى الشبكةِ فتأكُلُها.

لمزيد من المعلومات انظر

كيمياءُ الأغذية ص ٧٨
الفُطْريّات ص ٣١٥
قناديلُ البَحْر والشقائق البَحْريَّة والمَرجانيّات ص ٣٢٠
الرِّخْويّات ص ٣٢٤
اللَّبونات ص ٣٣٤
الأسنانُ والفُكّان ص ٣٤٤
النُّمُوُّ ومَراحِلُه ص ٣٦٢
السَّلاسِلُ والشبكاتُ الغذائيَّة ص ٣٧٧
حقائقُ ومَعلومات ص ٤٢٢

الأَسْنانُ والفَكّان

أَصْلَدُ جُزْءٍ في جِسْمِ الإنسانِ هو سُطوحُ تِيجانِ الأسنانِ المُكَوَّنةُ من الميناء؛ وهي تحمي الأسنانَ من التآكُلِ، وتمنعُ كيماويّاتِ الطَّعام من نَخْرِها. والأسنانُ مُعينةٌ لِلهَضْم تُقَطِّعُ الطَّعامَ وتطحَنُه لِيُمكِنَ هَضْمُه بسُهولة. اللَّبُوناتُ في مُعظمِها ذاتُ أسنانٍ مُخَصَّصةٍ طبيعةً وشكلًا لِلقيامِ بوظائفَ مُختلِفة - فبعضُها يَقطَعُ ويَمزُقُ، والبعضُ الآخر يَقْبِضُ أو يَطحَنُ. أسْنانُ الإنسانِ تَنمو في مجموعَتَي أسنان، أسنانِ اللبن والأسنانِ الدائمة؛ وهي في كِلتا الحالَين تتوقفُ عن النموِّ بَعدما تظهَرُ - بِخِلافِ أسنانِ القوارضِ الإزميليَّةِ الشَّكْلِ التي لا يَتوَقَّفُ نُمُوُّها.



تقطيعُ الطَّعام

يستطيعُ الكلبُ بعَضَلاتِ فكَّيه القويةِ قَضْقَضةَ العِظامِ بأسنانِه. وهو حينَ يأكلُ يُحَرِّكُ فكَّهُ السُّفليَّ صُعُودًا ونزُولًا كالمِقَصّ. في العاشِبات، يتحرّكُ الفكُّ السُّفليُّ من جانبٍ إلى آخر، كما صُعودًا ونزُولًا.



الأَسْنانُ القارِضة

قواطِعُ الكويْبو، وهو قارِضٌ مائيٌّ، إزميليَّةُ الشَّكْلِ دائمةُ النُّمُوّ. وكُلُّ قاطعةٍ منها تُغطّيها الميناءُ من واجهَتِها الأماميّةِ فقط. فيتأكّلُ جانبُها الخلفيُّ بسُرعةٍ أكثرَ تاركًا الحافةَ الأماميّةَ حادّةً دومًا.

أسنانٌ حادّةٌ مارِقة

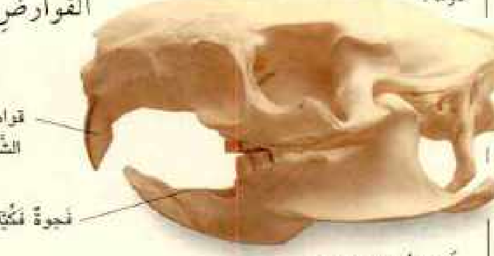
القَواطِع

الأنياب

لُقمةٌ عَظْمِيّةٌ لإرساءِ عَضَلاتِ الفَكّ

أَسْنانُ اللَّواحِم

الكَلْبُ لاحِمٌ نَمُوذَجيٌّ - يقتاتُ باللَّحْمِ غالِبًا. له في مُقَدَّمِ فكَّيهِ أنيابٌ طويلةٌ تقبِضُ الطعامَ، تليها نحوَ مُؤَخَّرةِ الفَمِ أضراسٌ حادَّةٌ مارِقةٌ تَسُلُّ اللَّحْمَ ليُمكِنَ ابتِلاعُه.



أَسْنانُ العاشِبات

الكويْبو عاشِبٌ نَمُوذَجيٌّ - يأكُلُ النَّبْتَ فقط. قواطِعُه الطويلةُ تُقطِّعُ سُوقَ النَّبْتِ العاسِيَة، وأضراسُه تطحَنُها؛ وتفصِلُ بين هاتَينِ المجموعتَينِ من الأسنان فجوةٌ فكِّيَّة.

أَسْنانُ الإنسان

الإنسانُ من القَوارِت - التي تقتاتُ بالنَّبْت واللَّحْم. فنحن نَستخدِمُ أسنانَنا الأماميّةَ (القواطِع) في قَضْمِ الطعام، وأنيابَنا الصغيرةَ في قبضِه، وأضراسَنا (الطَّواحِن) في طَحْنِه وهَرْسِه. وتشُدُّ الفَكَّ المُتحرِّكَ (السُّفليّ) صُعُدًا وجانبيًّا عَضَلاتٌ قويّةٌ تربِطُه بعَظْمَي الوَجْنَتَين والصُّدْغَين. ويُمكِنُكَ أثناءَ المَضْغِ تَحَسُّسُ التوتُّرِ في هذه العَضَلات.

تَنْغَرِزُ الأسنانُ بتوافُقٍ في أسناخٍ فكّيّةٍ خاصّة.

الأَسْنانُ الدائمة

قاطِعة

ناب

ضاحِكة (طاحِنةٌ أماميّة)

رَحى (ضِرسٌ طاحِنة)

ناجِذة (ضِرسُ العَقل)

أسنانُ الفَكِّ العُلْويّ

أسنانُ الفَكِّ السُّفليّ

الإِسْنانُ البَشَريّ

مَجموعةُ الأسنانِ الأولى في الإنسان (الرَّواضِع أو أسنانُ الحليب) تضُمُّ ثماني قواطِعَ وأربعَ أنيابٍ وثماني طواحِن. أمّا المجموعةُ الثانيةُ، المعروفةُ بالأسنانِ الدائمة، فعَديدُها ٣٢ سِنًّا عند مُعظمِ الناس؛ والنَّواجِذُ (أضراسُ العَقْل) آخِرُ ما يَظهَرُ منها، وهي قد لا تظهَرُ مُطلقًا عِندَ بعضِهم.

ميناءُ التاج

عاجُ السِّنّ

تَجويفُ اللُّبّ

الجِذْر

وِعاءٌ دَمَويّ

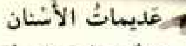
عَصَبٌ يَمْتَدُّ على طولِ الأوعيةِ الدمويّة.

مِلاطٌ يُثَبِّتُ الجِذْرَ في الفَكّ.

عَظْمُ الفَكّ

الأَسْنانُ البَسيطة

ليسَتْ كُلُّ أسنانِ الحيواناتِ مُتَخَصِّصةً كأسنانِ اللَّبُونات. فأسنانُ الزَّواحِف، كهذا التمساح، مُتماثلةٌ وتَديّةُ الشَّكل. لا يُمكِنُها مَضْغُ الطَّعام، فهي تلجأُ إلى دَسْرِ طعامِها تحت جِسْمٍ صُلْبٍ فتمزِّقُه، وتبتلِعُه شُقَقًا.



باطِنُ السِّنّ

الجُزءُ الظاهِرُ من السِّنّ، يُقارِبُ نِصفَه حجمًا ويُدعى التاج. وسَطْحُ السِّنِّ مُغَطًّى بالميناء فوقَ طبقةٍ من العاجِ الصُّلْب. ويَملأُ قَلْبَ السِّنِّ لُبٌّ طريٌّ حَيٌّ وأوعيةٌ دَمَويّةٌ وعَصَب. وتَرْسَخُ الأسنانُ في عظمِ الفَكِّ بجُذورٍ طويلةٍ وإسمَنْتٍ خاصّ.

عَديماتُ الأَسْنان

كثيرٌ من الحيواناتِ مُجَهَّزٌ بأجزاءٍ فَمَويّةٍ صُلْبةٍ بَدَلَ الأسنان. فيرقانةُ السُّرمان (الرَّعّاش) هذه تخطَفُ فريستَها "بقِناعٍ" مُتَمَفْصِلٍ خاصّ، يُقْذَفُ لقَنْصِ الحيواناتِ العابِرة. وللكثيرِ من الحشراتِ العاشِبة (كالجنادِب) حُجَيرةٌ مِعَديّةٌ تطحَنُ الطَّعامَ بَعْدَ بَلْعِه.

لمزيدٍ من المعلوماتِ انْظُر

المَفْصِليّات ص ٣٢٢
الزَّواحِف ص ٣٣٠
اللَّبُونات ص ٣٣٤
الاغتِذاء ص ٣٤٣
الهَضْم ص ٣٤٥
الهَياكِلُ الداعِمة ص ٣٥٢

الهَضْم

في عمليَّةِ الهَضْم، تَنْحَلُّ الموادُّ المُعقَّدةُ التي تؤلِّفُ الطَّعامَ (مِن كَربوهِدراتاتٍ وپروتينات ودُهون) إلى مُركَّباتٍ أبْسَط يُمكِنُ للجِسْم امتِصاصُها. ويَبدأُ الهَضْمُ حالما يُبدأُ بمَضْغه. وخلالَ مُرورِ الطَّعام في المَعِدَة ثمَّ في المِعَى الدَّقيق، تعمَلُ أنْزيماتٌ (پْروتينات خاصَّة) مُختلِفَةٌ على هَضْم الكربوهدراتاتِ والپروتينات والدُّهون. وتُمتَصُّ مُنْتجاتُ الهَضْم عَبْرَ جِدارِ المِعَى؛ وكُلُّ ما لا يُهضَمُ يتابِعُ مَسارَهُ في القناةِ الهضميَّةِ إلى خارجِ الجِسْم. إنَّ عمليَّةَ الهَضْم هي أُولى الخَطَواتِ لِلحُصُولِ على الطاقة من الطَّعام.



غِذاءٌ بالواسِطة

لا تستطيعُ الأرَضَةُ هَضْم سِلْيُولوز النَّبات بنَفْسِها، لِذا تلجأُ إلى فُطْرٍ يَهْضِمُه لها. فتُكدِّسُ قِطَعًا من وَرَق النَّبات تحت الأرض وتَستَخدِمُها لاستِنْبات الفُطْر الذي يَهْضِمُ الغِذاءَ النباتيّ ويَتمثَّلُه. ثمَّ تقتاتُ الأرَضَةُ بِقِطَعٍ من الفُطْرِ تهضِمُها بسُهولة.



الهَضْمُ الخارجيُّ

العَناكِبُ ذاتُ أفواهٍ بالغةِ الصِّغَر، لِذا فهي تَهضِمُ غِذاءَها قَبْلَ ابْتِلاعه. فعندما تَقْبِضُ العنكبوتُ حشَرةً، تحقِنُها بسائلِ أنْزيماتٍ يُحلِّلُ الأجزاءَ الطريَّةَ في جَسَد الحَشَرة، ثمَّ تستعيدُ العنكبوتُ السائلَ والمُغذِّيات بامتِصاصها.

الهَضْمُ في الفِئْران

عندما تَبتلِعُ الفأرةُ طعامًا ينتقِلُ أوّلًا إلى المَعِدةِ حيثُ يَنْحَلُّ جُزئيًّا بواسطةِ حامضٍ قويّ. ثمَّ يُتابِعُ مسارَه إلى المِعَى الدَّقيقِ فالغليظ حيثُ تُمتَصُّ مُنتَجاتُ الهَضْم والماء. يُفرِزُ بَنْكرياسُ الفأرةِ موادَّ هاضِمةً قَلَويَّةً تُعادِلُ حامضَ المَعِدة. أمَّا المِصْرَغةُ فهي كِيسٌ ذَنَبيٌّ (غير نافذ) يتمُّ فيه هَضْمُ الغذاءِ النَّباتيّ.

المَريء

المَعِدة

المِعَى الدَّقيق

المِصْرَغة (المُصْران الأعور)

الزائدة

المَرارة

البَنْكرياس

الكَبِد

المِعَى الغليظ

جِهازُ الهَضْم في الفأرةِ محشورٌ في بَطنِها عادةً، لكنَّنا فسَّحناهُ هنا لِلتوضيح.

حُبوبُ القَمْح غَنيَّةٌ بالنَّشاء.



الأنْزيماتُ الهاضِمةُ تُفكِّكُ الروابطَ بين الوَحَداتِ السُّكَّريَّة.

جُزَيئاتُ النَّشاء طويلةٌ جدًّا فلا يُمكِنُ امتِصاصُها، لِذا يجِبُ أن تُهضَم أوّلًا.

الجُزَيءُ الواحدُ من النَّشاء يُنتِجُ جُزَيئاتٍ عديدةً من الغلوكوز.

هَضْمُ النَّشاء

القَمْحُ والأرُزُّ والبطاطا غَنيَّةٌ بالموادِّ النَّشَويَّة التي تَختزِنُها النَّباتاتُ غِذاءً في خلاياها. تتألَّفُ جُزَيئاتُ النَّشاء من مِئاتِ الوَحَداتِ السُّكَّريَّة المُترابِطةِ معًا في سَلاسِلَ طويلة. وهذه السلاسلُ تنحَلُّ أثناءَ عمليَّةِ الهَضْم، بوُجودِ الأنْزيمات، فتُنتِجُ جُزَيئاتٍ عديدةً من الغلوكوز - وهو سُكَّرٌ بسيطٌ يُمكِنُ للجِسْم امتِصاصُه.

كيفَ تَهضِمُ البقرةُ العُشْب

تَهضِمُ الأبقارُ العُشْبَ بمُساعدةِ مُتعضِّياتٍ صُغْريَّةٍ ومَعِدةٍ رُباعيَّةِ الأقسام. يدخُلُ الطعامُ أوّلًا إلى الكَرِش فالقَلَنْسوة حيثُ تعمَلُ المُتعضِّياتُ المِجْهَريَّةُ على تحليلِ السِّلْيولوز. ثمَّ تجتَرُّ البقرةُ الطعامَ فتَمضَغُه ثانيةً وتبتلِعُه ليعودَ إلى المَعِدتَين الأخريَين حيثُ يتمُّ هَضْمُه. نحنُ لا نستطيعُ هَضْمَ السِّلْيولوز في غِذائنا النباتيّ، لِذا فهو يَعْبُرُ أجسامَنا كخُشارةٍ أو ألياف.

الكَرِش

القَلَنْسوة

أُمُّ التلافيف

المُنْفَحة

تقومُ عِدَّةُ أنزيماتٍ في المَعِدة والمِعَى الدَّقيق بهَضْمِ البروتينات.

جُزَيئاتُ حامضٍ أمينيّ

يتألَّفُ جُزَيءُ البروتين من أحماضٍ أمينيَّةٍ عديدة.

تتحوَّلُ الدُّهونُ إلى قُطَيراتٍ بواسطةِ المِرَّة (الصفراء)، وهي المائعُ الذي تُفرِزُه المَرارة، وهذه القُطَيراتُ تهضِمُها أنزيماتُ المِعَى الدَّقيق.



جُزَيئاتُ حامضٍ دُهْنيّ

جُزَيءُ غليسرول

يتألَّفُ جُزَيءُ الدُّهن من الغليسرول وأحماضٍ دُهْنيَّة.

هَضْمُ البروتيناتِ والدُّهون

عندما تأكُلُ قِطعةً من اللَّحم، تنحَلُّ البروتيناتُ والدُّهونُ المُتواجِدةُ فيها إلى جُزَيئاتٍ أصغرَ جدًّا يَجري امتِصاصُها في المِعَى الدَّقيق. تنحَلُّ البروتيناتُ إلى سَلاسِلِ عديداتِ البِبْتيد؛ وهذه تنحَلُّ بدَورِها إلى أحماضٍ أمينيَّة. أمَّا الدُّهونُ فتتحوَّلُ أوّلًا إلى قُطَيراتٍ دقيقةٍ ثمَّ تنحَلُّ إلى غليسرول وأحماضٍ دُهْنيَّة.

لمزيد من المعلومات انْظُر

الحفَّارات ص ٥٦

كيمياءُ الجِسْمِ البَشَريّ ص ٧٦

كيمياءُ الأغذية ص ٧٨

التنفُّسُ الخَلَويّ ص ٣٤٦

التَّنَفُّسُ الخلَويّ

تَحتاجُ جميعُ الكائناتِ الحيَّة إلى طاقةٍ لِتَعيش، وهذه الطاقةُ تُستَمَدُّ من الغِذاء. فبَعْدَ هَضْمِ الوَجْبَةِ من الطعام، تنتقِلُ الموادُّ المُغذِّيَةُ إلى الدَّمِ ومِنهُ إلى الخلايا حيثُ تتحَلَّلُ بالأنزيماتِ لإطلاقِ ما بها من طاقةٍ يُستفادُ منها في شتَّى الأعمالِ الحيَويَّة. في التنَفُّس اللّاحيَوائيّ، تتفَكَّكُ المُغذِّياتُ (بخاصَّةِ الغلوكوز) دونَ استِخدامِ الأُكسِجين مُطلِقَةً مِقدارًا قليلًا من الطاقة. أمّا في التنَفُّسِ الحيَوائيّ، الذي يجري داخِلَ مُتقدِّراتِ الخليَّة، فتتَّحِدُ الموادُّ المُغذِّيةُ بالأُكسجين مُنتِجةً ماءً وثاني أُكسيد الكربون كفَضَلات، ومطلِقةً مقدارًا كبيرًا من الطاقة. وهٰذا التنَفُّسُ هو الذي يُزَوِّدُ الجِسْمَ بِمُعظمِ احتياجاتِه من الطاقة.

يَعمَلُ التنفُّسُ الخلَويُّ كبَوّابةِ عُبورٍ دَوّارة - يَبْتَعِثُ الطاقةَ حيثُ وحينَ يُحتاجُ إليها.

طاقةٌ يُمكِنُ التَّحكُّمُ بها

التنفُّسُ الحيَوائيّ شبيهٌ بالاحتِراقِ إذْ فيه تتَّحِدُ الموادُّ المُغذِّيَةُ (الوَقود) بالأُكسجين لانبِعاثِ الطاقة. لكنَّ هنالكَ فَرقٌ مُهِمّ؛ فالاحتِراقُ يَحدُثُ بسُرعةٍ وتَتدَفّقُ الطاقةُ منه توًّا - فيما التنفُّسُ الحيَوائيّ يَنطوي على تفاعُلاتٍ كيماويّةٍ عديدة، وتَنبَعِثُ الطاقةُ بأشكالٍ يُمكِنُ التحكُّمُ بها.

جُزَيءٌ واحدٌ من الغلوكوز

ستّةُ جُزَيئاتٍ من الأُكسجين

في التنفُّسِ الخلَويّ يتفاعَلُ الغلوكوزُ والأكسجين لِيُنتِجا طاقةً وثاني أكسيد الكربون وماء، حسَبَ المُعادلةِ الكيماويّةِ التالية:

ك٦ هـ١٢ أ٦ + ٦ أ٢ ← طاقة + ٦ك أ٢ + ٦هـ٢ أ

$(6H_2O) + (6CO_2) +$ طاقة $\leftarrow (6O_2) + (C_6H_{12}O_6)$

أثناءَ التنفُّسِ الخلَويّ يتَّحِدُ جُزَيءٌ واحد من الغلوكوز بستّةِ جُزَيئات من الأُكسجين.

مِقدارٌ كبيرٌ من الطاقة

ستّةُ جُزَيئاتٍ من ثاني أكسيد الكربون

ستّةُ جُزَيئاتِ ماء

تَضُمُّ المُتقدِّرةُ أغشيةً مَطْوِيّةً تُوَفِّرُ سُطوحًا فسيحةً تجري فوقَها التفاعُلاتُ الكيماويّة.

تُختَزَنُ الطاقةُ المُنبَعِثةُ أثناءَ عمليّةِ التنفُّسِ الخلَويّ باستِخدامِها في تحويلِ ثاني فُسفاتِ الأدينوسين (إي دي بي) إلى ثالثِ فُسفاتِ الأدينوسين (إي تي بي). وعند الحاجةِ إلى الطاقةِ ينْحَلُّ (إي تي بي) توًّا لإطلاقِها.



الخِطْمي الصينيّة (هيبِسْكُس روزاسايْنِنْسِز)

التنفُّسُ في النَّبات

في ضوءِ النَّهارِ تُصنِّعُ أوراقُ النَّباتِ الخضراءُ غِذاءً (الغلوكوز والنَّشا) بالتخليقِ الضوئيّ، وتَستَهلِكُ بعضَ الطعامِ في عمليَّةِ التنفُّس. لكنَّها تُخلِّقُ طعامًا أكثرَ مِمّا تَستَهلِك، لِذا فإنَّ الأوراقَ تأخُذُ ثاني أكسيد الكربون وتلفِظُ الأكسجين. أثناءَ الليل، يتوقَّفُ التخليقُ الضوئيّ وتستَمِرُّ عمليَّةُ التنفُّس، فتأخُذُ الأوراقُ الأكسجين وتلفِظُ ثاني أكسيد الكربون.

ماذا يَحْدُثُ أثناءَ التنفُّس

يعتَمِدُ الجِسْمُ البَشَريُّ في إنتاجِ طاقتِه أساسًا على الغلوكوز. وهو سُكَّرٌ يُنتِجُه الجِسْمُ من هَضْمِ النَّشاءِ والكربوهيدراتِ الأُخرى في الطعام. قبلَ استِهلاكِه في عمليَّةِ التنفُّس الخلَويّ، ينحَلُّ الغلوكوز إلى مادّةٍ أبسَطَ هي حامِضُ البيروفيك، الذي ينتقِلُ إلى مُتقدِّراتِ الخليَّةِ حيثُ يتَّحِدُ بالأكسجين لِيُنتِجا ماءً وثاني أكسيد الكربون ومِقدارًا كبيرًا من الطاقة يُستَخدَمُ لوظائفِ الجِسْمِ الحيَويَّة كتقلُّصِ وانبِساطِ العَضَلات مثلًا. وهكذا فإنَّ عمليَّةَ التنفُّسِ الحيوائي هي بالتمامِ معكوسُ عمليَّةِ التَّخليقِ الضوئيّ حيثُ تُستَخدَمُ الطاقةُ لتصنيعِ الغلوكوز.

هانْز كرِبْس

كشَفَ الكيميائيُّ الأحيائيُّ الألمانيّ، هانْز كرِبْس (١٩٠٠-١٩٨١) دورَ الغلوكوز الكامِل في عمليَّةِ التنفُّسِ الخلَويّ. وكان معلومًا أنَّ جُزَيءَ الغلوكوز ينحَلُّ مُنتِجًا مادّةً أبسَطَ هي حامِضُ البيروفيك، لكن ما كان أحدٌ يدري مصيرَ حامض البيروفيك. وقد كشَفَ كرِبْس أنَّ هذا الحامِضَ يدخُلُ دَورةً مُتواصلةً من التفاعُلات الكيماويَّةِ في المُتقدِّرات، تُعرَفُ بدَورةِ حامض السِّتريك أو دَورةِ كرِبْس، ينحَلُّ فيها إلى ماءٍ وثاني أكسيد الكربون؛ وتُختَزَنُ الطاقةُ المُنطلقةُ خِلالَ هذه التفاعُلاتِ في تحويل (إي دي بي) إلى (إي تي بي).

التنفُّسُ اللّاحيوائيّ

إذا عَدَوتَ بسُرعةٍ مُنهِكة، ينفَدُ الأكسجينُ من نسيجِ عَضَلاتِكَ فلا يُمكِنُها تحويلُ الغلوكوز إلى ماءٍ وثاني أكسيد الكربون؛ بل تحوِّله، بغيابِ الأكسجين، إلى حامِضِ اللَّبَن (الذي يُسبِّبُ تراكُمُه مَعَصًا عَضَليًّا)، بالتنفُّسِ اللّاحيوائيّ. وخِلالَ استِراحَتِكَ بعدَ العَدْوِ ينحَلُّ حامِضُ اللَّبَن باستِخدامِ الأكسجين. بعضُ المُتعضِّيات، كالخمائرِ والبكتيريا، تعيشُ عادةً بالتنفُّسِ اللّاحيوائيّ دونَ سِواه.

لمزيدٍ من المعلومات انظُر

الفُسفور ص ٤٣
الأكسجين ص ٤٤
الاحتِمار ص ٨٠
الخلايا ص ٣٣٨
التخليقُ الضوئيّ ص ٣٤٠
الهَضم ص ٣٤٥
حقائقُ ومعلومات ص ٤٢٢

التَّنَفُّس

التنفُّسُ شَهيقٌ وزَفير. في الشهيقِ يُسْفَطُ الهواءُ إلى داخِلِ رئَتَيْك، فَيَنْتَشِرُ أُكسِجينُ الهواءِ عَبْرَ بِطانَتِهِما الرقيقةِ إلى الدَّمِ الجاري في الأَوْعِيةِ الدَّمويَّةِ الدقيقةِ في الرِّئتَين. وتحمِلُ كُرَيَّاتُ الدَّمِ الحُمْرُ الأُكسجينَ إلى جميعِ أنسِجةِ الجِسْم. وفي الوقتِ نَفْسِه، يَسري ثاني أكسيد الكربون (الغازُ الناتجُ عن التنَفُّسِ الخَلَويّ) في الاتّجاهِ المُعاكِس لِيُطْرَدَ مع هواءِ الزَّفير. اللَّبونَاتُ والطُّيورُ والبَرْمائيَّاتُ والزَّواحفُ تتَنَفَّسُ بِرِئَتَين، أمَّا الأسماكُ فخَيْشوميَّةُ التنفُّس. ولِلحَشَراتِ أنابيبُ تَنَفُّسٍ قَصبيَّةٌ ذاتُ فُتحاتٍ جانبيَّةٍ في بُطونِها.

الحَنْجرةُ مَسْلَكٌ غُضْروفيٌّ يحوي الأوتارَ الصوتيَّة. هواءُ الزَّفيرِ يُذَبْذِبُ الأوتارَ الصوتيَّةَ فيُحدِثُ الصَّوت.

تمتَدُّ الرُّغامَى (القصبةُ الهوائيَّة) من الحَنْجرةِ إلى الرِّئتَين. وهي مفتوحةٌ دومًا بفَضْلِ حَلَقاتٍ غُضْروفيَّةٍ بشكلِ دائريَّة.

رئتانِ مُختلفتا الشَّكْل: فالرِّئةُ اليُمنى أعْرَضُ وتتألَّفُ من ثلاثةِ فُصوص، فيما تتألَّفُ اليُسرى من فَصَّين فقط.

الرِّئتانِ قريبتانِ جدًّا من بعضِهما - هنا تبدُوانِ مُتباعدَتَيْنِ لِتِبْيانِ مَجاري الهواءِ بوضُوح.

يَحْدُثُ الفُواقُ (الحازُوقة) عندما يتقلَّصُ الحِجابُ الحاجِزُ فجأة.

سِنْخٌ رئَويّ

الدَّمُ والهواءُ في السِّنخِ الرئويِّ مُتقارِبانِ جدًّا، مِمَّا يُيَسِّرُ انتِقالَ الأكسجينِ وثاني أكسيد الكربون بَيْنَهُما.

التَّنَفُّس

الرِّئتانِ مُحاطَتانِ بأضلاعِ القَفَصِ الصَّدْريِّ الذي يَفْصِلُه عن التجويفِ البَطْنيِّ حاجِزٌ عضليٌّ صَفْحيٌّ هو الحِجابُ الحاجِز. فعندما تتنفَّس، تُغيِّرُ أضلاعُكَ والحِجابُ الحاجِزُ حَجْمَ التجويفِ الصَّدْريّ، فيُسْفَطُ الهواءُ إلى الرِّئتَينِ في الشهيق، ويُضْغَطُ خارجًا في الزفير. ويعتمِدُ مِقدارُ الهواءِ المُتحرِّكِ على مَجهودِكَ العَمليّ؛ فإذا كُنْتَ جالسًا بِهدوء، يتحرَّكُ القليلُ من الهواءِ مع كُلِّ نَفَس؛ أمَّا خِلالَ العملِ المُجهِدِ فالتنفُّسُ أسرعُ وأعمَق. فأنتَ في التنفُّسِ العميقِ تُحرِّكُ من الهواءِ سِتَّةَ أضعافِ ما تُحَرِّكُهُ منه وأنْتَ جالسٌ بِهدُوء.

يَخْرُجُ الهواءُ من الرِّئتَين

تتحرَّكُ الأضلاعُ نُزولًا

يتحرَّكُ الحِجابُ الحاجِزُ صُعودًا

عِند الزَّفير، تتحرَّكُ الأضلاعُ نُزولًا ويندفِعُ الحِجابُ الحاجِزُ صُعودًا، فيقِلُّ حَجْمُ الحَيِّزِ حَوْلَ الرِّئتَينِ ويُرْغَمُ الهواءُ خارجًا، بالضغطِ الحاصل، عَبْرَ الرُّغامَى.

باطِنُ الرِّئتَين

تُشبِهُ الرِّئتانِ قِطعتَينِ كَبيرتَينِ من الإسْفَنج. وهُما مُجهَّزتانِ بِفَيْضٍ من الأوعيةِ الدَّمويَّةِ الشَّعريَّة. وتملأُ الرئةَ شبكةٌ من القُصَيباتِ الهوائيَّةِ المُتفرِّعةِ تَنتهي فُروعُها الأدقُّ بِحُويصلاتٍ هوائيَّةٍ غيرِ نافِذة، تُدعى الأسْناخَ الرِّئويَّة، يَتقارَبُ الهواءُ فيها جِدًّا مع الدَّمِ في الأوعيةِ الشَّعريَّة. وتزيدُ المساحةُ الإجماليَّةُ لِهذه الأسْناخ ٤٠ مرَّةً على مِساحةِ جِلدِ الجِسْمِ كُلِّه - مِمَّا يُيَسِّرُ تعابُرَ كمِّيَّاتٍ كبيرةٍ من الأُكسجين إليها، وثاني أكسيد الكربون منها، إلى الأوعيةِ الشَّعريَّة.

القُوهاتُ التنفُّسيَّةُ تتحكَّمُ، فتحًا وإغلاقًا، في سَرَيانِ الهواءِ عَبْرَ شبكةِ الأنابيبِ القَصَبيَّة.

جُدْجُدُ الأدغال (نوعُ إفيبِّيجر)

تنتشِرُ أنابيبُ التنفُّسِ من البَطْنِ إلى الصَّدْرِ والرَّأس.

شَبكةُ الأنابيبِ القَصَبيَّة

تتنفَّسُ الحَشَراتُ عَبْرَ شبكةٍ من الأنابيبِ المَلأى بالهواء، تُدعى الأنابيبَ القَصَبيَّة، تمتَدُّ إلى أعماقِ جِسْمِ الحَشَرة؛ وتتفرَّعُ بِدقَّةٍ ووَفرةٍ إلى العَضَلاتِ ومُختلِفِ الأنسِجةِ الأخرى. وتتَّصِلُ هذه الأنابيبُ أحيانًا بأكياسٍ هوائيَّةٍ تُغيِّرُ أشكالَها كالرِّئات. ولِكُلٍّ من الأنابيبِ القَصَبيَّةِ مُتنفَّسٌ فُوهيٌّ عَبْرَ غِلافِ جِسْمِ الحَشَرةِ يُدعى القُوهَةَ التنفُّسيَّة.

تَنقُلُ أنابيبُ التنفُّسِ الأُكسجينَ إلى خَلايا الحَشَرةِ مُباشرةً.

يحمِلُ الخَيْطُ الخيشوميُّ صُفَيحاتٍ رقيقةً دقيقةً يخترقُها الأكسجينُ وُصولًا إلى دَمِ السَّمَكة.

التَّنَفُّسُ الخَيْشوميّ

يَحوي الماءُ قَدْرًا من الأكسجينِ مُذابًا فيه، تستطيعُ الأسماكُ تلقِّيه بواسطةِ خياشيمِها. يتألَّفُ الخَيْشومُ من سِلْسلةِ سِدلاتٍ دقيقةٍ رقيقةِ الجُدرانِ غَنيَّةٍ بالأوعيةِ الدمويَّةِ لِتعزيزِ تبادُلِ الغازات. تَعُبُّ السَّمكةُ الماءَ عَبْرَ فَمِها لِيَخْرُجَ عَبْرَ فُتحاتِ خَياشيمِها حيثُ يجري امتِصاصُ الأكسجينِ المُذابِ ولَفْظُ ثاني أكسيد الكربون.



توجدُ خياشيمُ السَّمكةِ خلفَ الرَّأسِ مُباشرةً.

تتألَّفُ الخياشيمُ من أقواسٍ مُنْحَنِيَةٍ ذاتِ نُتوءاتٍ رِيشيَّةٍ هي الخيوطُ الخيشوميَّة.

لمزيد من المعلومات انظر

إحداثُ الصَّوتِ وسَماعُه ص ٧٢
التنفُّسُ الخَلَويّ ص ٣٤٦
الدَّم ص ٣٤٨
الدَّورةُ الدَّمويَّة ص ٣٤٩
البِيئةُ الباطنيَّة (في الأحياء) ص ٣٥٠

الدَّم

الدَّمُ مادَّةٌ مُدْهِشةٌ حقًّا، فهو يَعْمَلُ كسَيْرٍ ناقِلَةٍ سائلِيٍّ يَنْقُلُ الأُكسجينَ إلى كُلِّ خلِيَّةٍ حَيَّةٍ في الجِسْم؛ كما ينقُلُ أيضًا الموادَّ الغِذائيَّةَ والهُرموناتِ والفَضَلاتِ والدِّفْءَ، وهُو دِفاعُ الجِسْم الرَّئيسيُّ ضِدَّ الأمراض. قَطْرَةُ الدَّم تبدو لِلنّاظِر مُجَرَّدَ سائلٍ أحمرَ، لكنَّها تظهَرُ تحت المِجْهَر مُحتَشِدةً بِملايين الكُرَيّاتِ طافيةً في مائعٍ مائيٍّ. كُرَيّاتُ الدَّمِ الحُمْرُ تَنْقُلُ الأُكسجينَ، والكُرَيّاتُ البِيْضُ تُهاجِمُ أيَّ شيءٍ يَغْزو الجِسْمَ من الخارج؛ وتنقُلُ المُصَوَّرةُ أو البِلازْما (القِسْمُ السائل) مُعظمَ ثاني أكسيد الكربون. يَحوي جِسْمُ الإنسانِ البالغ من ٥ إلى ٨ لِترات من الدَّم - خلاياهُ قرصيَّةٌ أو مُنضغطةٌ أو صُفَيْحِيَّة تُسْتَبْدَلُ بالملايين منها أُخَرُ جديدةٌ كُلَّ يَوم.

في مُعظم النّاس تُؤلِّفُ البِلازما أكثرَ من نِصْفِ حجمِ الدَّم.

طَبقةٌ رقيقةٌ من كُرَيّاتِ الدَّم البِيض والصُّفَيحات

كُرَيّاتُ الدَّم الحُمْرُ مُكدَّسةٌ مُتراصَّة

تَرْكيبُ الدَّم

إذا دُوِّمَتْ عَيِّنةٌ من الدَّمِ في أُنبوبِ اختبارٍ بِسُرعةٍ كبيرة، تستقِرُّ الكُرَيّاتُ في قاعِ الأُنبوب، ويَعلوها سائلٌ صَفراويٌّ يُدعى المُصَوَّرة أو البِلازْما. تتألَّفُ البِلازْما من ٩٠ بالمئة ماء، والباقي أملاحٌ ومَوادُّ غذائيّة - إضافةً إلى بروتيناتٍ كالفِبْرينوجين (مُوَلِّد الليفين) الذي يُخَثِّرُ الدَّمَ. وتؤلِّفُ الكُرَيّاتُ أقلَّ من نِصْفِ حَجْمِ الدَّم بقليل، وتفوقُ عَدَدُ كُرَيّاتِ الدَّمِ الحُمْرِ عدَدَ البِيْضِ بِنسْبَة ٥٠٠ إلى ١.

يُمكِنُ لِكُرَيّاتِ الدَّم البيض تغييرُ شَكْلِها بحيث تَنضَغِطُ عبْرَ جُدرانِ أصغرِ الأوعيةِ الدمويّة لِتُكافِحَ الخامِجاتِ المُمْرِضة.

صُفَيحة

البِلازما (المُصَوَّرة)

كُرَيّةُ دَمٍ حَمْراء

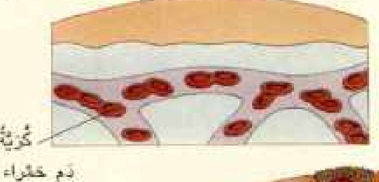
اليَحْمُور (الهيموغْلُوبين)

اليَحْمُورُ خِضْبٌ يُكْسِبُ كُرَيّاتِ الدَّم الحُمْرَ حُمْرَتَها. وهو يَحوي الحديدَ، ويتميَّزُ بِقُدرتِه على تشكيلِ روابطَ مُؤَقَّتةٍ مع جُزَيْئاتِ الغازات. فاليَحْمُور يَتَّحِدُ بالأُكسجين عندما تَمُرُّ كُرَيّاتُ الدَّم الحُمْرُ بالرِّئتين؛ ويتخلّى عنه في أقسام الجِسْم الأُخرى. لِيَحمِلَ بعضَ ثاني أكسيد الكربون فيُطلِقُه عندما يَعودُ إلى الرِّئتين، وهكذا دَوالَيْك.

صُورةٌ مُوَلَّدةٌ حاسُوبيًّا تُبَيِّنُ جُزَيْئًا من اليَحْمُور. الأجزاءُ القَرَنْفُليّةُ هي المجموعاتُ حاويةُ الحديد التي تترابَطُ مع الأُكسجين.

تَخَثُّرُ (أو تجلُّط) الدَّم

إذا جُرِحْتَ، فإنَّ دَمَكَ يَتَخَثَّرُ في مكانِ الجُرْحِ ويُوقِفُ النَّزْفَ. فصُفَيْحاتُ الدَّمِ القريبةُ من الجرحِ تُصبِحُ دَبِقَةً وتتلاصَقُ معًا مُكَوِّنةً سِدادًا. وخِلالَ ذلك يتحوَّلُ بُروتينُ الفِبرينوجين (مُوَلِّد الليفين) إلى فِبْرين (لِيفين) مُشَكِّلًا شبكةً خيطيّةً كثيفةً تتقلَّصُ فتضُمُّ كُرَيّاتِ الدَّمِ الحُمْرَ في جُلْطةٍ (خُثْرة).



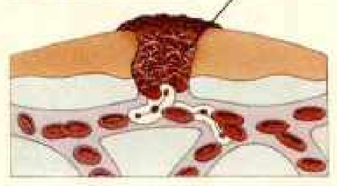
الجِلْدُ المجروحُ يُطلِقُ موادَّ في الدَّم تجعلُ الصُّفَيحاتِ دَبِقَةً.

كُرَيّةُ دَم حَمْراء

تنضَمُّ الصُّفَيحاتُ معًا فتُكَوِّنُ سِدادًا. ويُشَكِّلُ الفِبْرينُ خيوطًا تحتبِسُ كُرَيّاتِ الدَّم الحُمْر.

كُرَيّةُ دَمٍ بيضاء

خُيوطُ الفِبْرين



الفِبْرينُ وكُرَيّاتُ الدَّم الحُمْر تُكَوِّنُ خُثْرةً تتصلَّدُ إلى قِشْرة، وتسقُطُ القِشْرةُ عندما يَنْدَمِلُ الجِلْد.

الـدَّمُ تحتَ المِجْهَر

النُّقطةُ الواحدةُ من الدَّم تحوي ملايينَ الكُرَيّات، مُعظمُها كُرَيّاتٌ حُمْرٌ تحوي بروتينًا يُدعى اليَحْمُور (أو الهيموغلوبين). وهو بتأكسُجِهِ يزيدُ كميَّةَ الأُكسجين المَنْقُولة بواسطةِ الدَّم حوالى ١٠٠ مَرَّة. أمّا كُرَيّاتُ الدَّمِ البِيْضُ فأكبَرُ حَجْمًا وأقَلُّ عددًا من الحُمْر، وهيَ تَبْتَلِعُ الخلايا الغريبةَ (كالبكتيريا) وتُهاجِمُ المُتطفِّلات الغازِيَةَ (كالحُمَات) بإطلاقِ أجسامٍ مُضادَّة. ويحوي الدَّمُ أيضًا شُدَفًا خَلَوِيّةً، تُدعى الصُّفَيْحات، تُساعِدُهُ على التَّجلُّط (التخثُّر).

الكَرْكَنْدُ الأزرقُ الدَّم

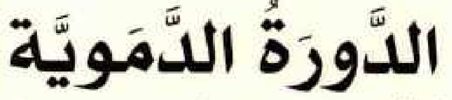
القِشْرِيّاتُ، كالسَّرَطاناتِ والكَرْكَنْدات، وبعضُ الرَّخْويّات، مُزَوَّدةٌ، بَدَلَ الهيموغلوبين، بِخِضْبٍ أزرقَ يُدعى الهيموسيانين، يُكسِبُ الدَّمَ زُرْقَتَه. في القِشْرِيّات، يكونُ الهيموسيانين مُذابًا في بِلازما الدَّم بدَلَ أنْ يكونَ في كُرَيّاتِه.

الهيموسيانين يحوي نُحاسًا بَدَلَ الحديد، فيجعلُ الدَّمَ أزرقَ لا أحمرَ كما هو مُبَيَّنٌ في هذا الكَرْكَنْدِ الشائع (هوماروس قَلْجارس).

فِئاتُ (أو زُمَرُ) الدَّم

يَختلِفُ الدَّمُ قليلًا من شخصٍ إلى آخر، بسبب بروتيناتٍ خاصّة تتواجَدُ على سُطوحِ الكُرَيّاتِ الحُمْرِ وفي المُصَوَّرة (البِلازما). والناسُ ذَوُو البروتيناتِ نَفْسِها يَنْتمون إلى فِئةِ الدَّم نَفْسِها. وإذا مُزِجَ دَمٌ من فِئةٍ مُعَيَّنةٍ بدَمٍ من فِئةٍ أُخرى تتلازَنُ كُرَيّاتُ الدَّمِ الحُمْرُ وتترسَّبُ بفِعْلِ البروتيناتِ المُختلِفة، وهو خَطِرٌ جدًّا. لِذا عِنْدَ نَقْلِ الدَّمِ من شخصٍ إلى آخرَ ينبغي التأكُّدُ أنَّه من فِئةِ الدَّمِ الصحيحة.

لِمزيدٍ من المعلومات انظُر



يَخْفِقُ قَلْبُكَ ١٠٠،٠٠٠ مَرَّة في اليوم ضاغِطًا الدَّمَ عَبْرَ شَبكَةٍ من الأنابيبِ تنقلُهُ في جَوْلةٍ حَوْلَ الجِسْم. الدَّورَةُ الدَّمويَّةُ في الإنسانِ مُقفَلَةٌ - أي إنَّ الدَّمَ يَدورُ في أوْعِيةٍ خاصَّةٍ مُتَّصِلة. فعندما يُضَخُّ الدَّمُ من القَلْب، يندفِعُ قُدُمًا بِضَغْطٍ عالٍ يُمكِنُكَ تحَسُّسُه نَبْضًا. ويَدُورُ الدَّمُ بِسُرعةٍ مُدْهِشة، إذ تُكمِلُ كُرَيَّةُ الدَّم دورتَها من القَلب إلى الرُّكبَةِ ذَهابًا وإيابًا في دقيقةٍ واحدةٍ فقط. أمّا الحيواناتُ الأبسَطُ، كالقَواقِع مثلًا، فالجُملَةُ الدورانيَّةُ لدَيها مَفتوحةٌ يَسْري فيها الدَّم غالبًا عَبْرَ فَجَواتٍ جَسَدِيَّةٍ فَسيحة، لا خِلالَ أوعيةٍ ضيِّقة. والدَّمُ فيها لا يُضَخُّ بضَغْطٍ مُرتفِعٍ، فيتحَرَّكُ بِبُطءٍ ورُكود.

هذا الشِّريانُ يحملُ الدَّمَ المَوفُورَ الأكسيجينِ إلى الجانبِ الأيمنِ من الرأسِ وإلى الذِّراعِ اليُمنى.

هذا الشِّريانُ يُمِدُّ الجانبَ الأيسرَ من الرأسِ بدَمٍ مَوفورِ الأكسيجين.

هذا الشِّريانُ يحملُ الدَّمَ المَوفورَ الأكسيجينِ إلى الذِّراعِ اليُسرى.

هذا الوَريدُ يَنقُلُ الدَّمَ المَنقوصَ الأكسيجينِ من الرأسِ والعُنُقِ والذِّراعَينِ إلى القَلْب.

قَوسُ الأبْهَر

هذا الشِّريانُ يحملُ الدَّمَ المَنقوصَ الأكسيجينِ إلى الرِّئةِ اليُسرى.

هذا الشِّريانُ يحملُ الدَّمَ المَنقوصَ الأكسيجينِ إلى الرِّئةِ اليُمنى.

هذانِ الوَريدانِ يَجلِبانِ الدَّمَ المَوفورَ الأكسيجينِ إلى القَلب.

الأُذَينُ الأيمن

الأُذَينُ الأيسر

هذا الوَريدُ يجلبُ الدَّمَ المَنقوصَ الأكسيجينِ من نِصفِ الجِسْمِ السُّفليِّ والرِّجْلَينِ إلى القَلب.

تُغلَقُ الصِّماماتُ عندَ انقِباضِ البُطَين.

البُطَينُ الأيسر

جُدرانُ البُطَينَينِ عَضَليَّةٌ ثخينة.

البُطَينُ الأيمن

القَلْبُ البَشَريُّ

القَلبُ يُشبِهُ مِضَخَّتَينِ تَعملانِ جَنْبًا إلى جَنْب، تتألَّفُ واحدتُهما من قِسمَينِ عَضَليَّينِ هُما أُذَينٌ عُلْويٌّ وبُطَينٌ سُفليّ. فخِلالَ نبضةِ القلبِ يَنقبِضُ الأُذَينُ دافعًا الدَّمَ إلى البُطَين؛ ثُمَّ في لَحظةٍ، يَنقبِضُ البُطَينُ بدورِه دافعًا الدَّمَ خارجَ القلبِ إلى الشرايين. الجانبُ الأيمنُ من القَلْبِ يَضُخُّ الدَّمَ الواردَ من الجِسْمِ إلى الرِّئتَين، في حين يتلقَّى الجانبُ الأيسَرُ الدَّمَ المَوفُورَ الأكسيجين مِنَ الرِّئتَين ويَضُخُّه إلى بَقيَّةِ الجِسْم.

الدَّورَةُ الدَّمَويَّةُ في الأسماك

يتألَّفُ قَلْبُ السَّمكةِ من حُجْرَتَينِ فقط. ويَسْري الدَّمُ في حَلْقةٍ أُنشوطيَّةٍ واحدة. يَسري الدَّمُ عَبْرَ الخياشيمِ حيثُ يجمَعُ الأكسيجين، ثُمَّ يدورُ حَوْلَ الجِسْمِ يُزَوِّدُهُ بالأكسيجين، ويأخذُ منه ثاني أكسيدِ الكربون، فيَحمِلُه عودًا إلى الخياشيم.

الجِسْم

الأُذَين

القَلْب

الخَياشيم

البُطَين

الرِّئتان

الدَّورةُ الرِّئويَّة

الأُذَينُ الأيمن

الأُذَينُ الأيسر

القَلْب

البُطَينُ الأيسر

الجِسْم

البُطَينُ الأيمن

الدَّورةُ الجِهازيَّة

الجِسْم

الرِّئتان

الأُذَين الأيسر

الأُذَينُ الأيمن

القَلْب

البُطَين

الدَّورَةُ الدَّمويَّةُ في الضَّفادع

يتألَّفُ قَلْبُ الضِّفدعِ من ثلاثِ حُجُرات: أُذَينَينِ وبُطَينٍ واحِد. يَسْري دَمُ الضِّفدعِ في دورتَين - إحداهُما عَبْرَ الرِّئتَينِ لاكتِسابِ الأكسيجين، والأُخرى حَوْلَ الجِسْمِ لِبَذْلِه. وعِنْدَ عودةِ الدَّمِ من كِلا الدَّورتَين يختلِطُ جُزئيًّا قبلَ إعادةِ ضَخِّه.

الدَّورَةُ الدَّمويَّةُ البَشَريَّة

تَنقسِمُ الدَّورةُ الدَّمويَّةُ في الإنسان، كما في سائرِ اللَّبونات والطُّيور، إلى دورتَينِ رِئويَّةٍ وجِهازيَّة. في الأولى ينتقِلُ الدَّمُ من نِصفِ القَلْبِ الأيمَنِ إلى الرِّئتَينِ حيثُ يكتسِبُ الأكسيجينَ ويُصبِحُ أحْمَرَ قانِئًا. وفي الثانيةِ ينتقِلُ الدَّمُ من نِصفِ القلبِ الأيسَرِ إلى سائرِ أجهزةِ الجِسْمِ يُزَوِّدُها بالأكسيجين، ويأخُذُ منها ثاني أكسيدِ الكربون - فيَغدو مَنقوصَ الأكسيجينِ أحْمَرَ قاتِمًا.

لمزيدٍ من المَعلومات انظُر

التَّنفُّس ص ٣٤٧

الدَّم ص ٣٤٨

البيئةُ الباطنيَّةُ (في الأحياء) ص ٣٥٠

الشُّعَيراتُ هي الأوعيةُ الوحيدةُ التي، برِقَّةِ جُدرانِها، تُتيحُ للموادِّ، كالأكسيجينِ والهُرمونات، مُغادرةَ الدَّمِ إلى الخَلايا.

جُدرانُ الشَّرايينِ عَضَليَّةٌ يلُفُّها غِلافٌ خارجيٌّ مَتين - وهذا يُمَكِّنُها من احتِمالِ الضغوطِ العالية.

الأوْرِدةُ أرَقُّ جُدرانًا من الشَّرايين، وهي مُجَهَّزةٌ بصِماماتٍ تُبقي سَرَيانَ الدَّمِ أحاديَّ الاتِّجاه.

وِلْيَم هارفي

الطَّبيبُ العربيُّ، ابنُ النَّفيس (ح. ١٢٠٥-١٢٨٨) كان أوَّلَ مَنْ وَصَفَ دَورانَ الدَّمِ بينَ القَلْبِ والرِّئتَين؛ لكنَّ عملَه لم يُعْرَفْ في أوروبا. ثُمَّ بعد قُرابةِ أربَعةِ قرونٍ (عام ١٦٢٨) نَشَرَ الطبيبُ الإنكليزيّ، وِلْيَم هارْفي (١٥٧٨-١٦٥٧) وَصفًا كامِلًا لِدَورانِ الدَّمِ حَوْلَ الجِسْم. وهو لم يَسْتَطِعْ رؤيةَ الأوعيةِ الشَّعريَّة، لكنَّهُ استنتَجَ وُجوبَهُ وُجودَها.

الأوعِيَةُ الدَّمَويَّة

يحوي جِسْمُ الإنسانِ حوالى ١٠٠،٠٠٠كم من الأوعيَةِ الدَّمويَّة. تحملُ الشَّرايينُ الدَّمَ من القَلْبِ إلى أجزاءِ الجِسْم، بينما الأوردةُ تُعيدُه إلى القَلْب. وتتَّصِلُ الشَّرايينُ بالأوردةِ بواسطةِ شَبَكَةٍ كثيفةٍ من الأوعيةِ الشَّعريَّةِ (الشُّعَيرات) المِجْهَريَّة.

البِيئَةُ الباطنيَّةُ (في الأحياء)

العالَمُ من حَوْلِنا دائمُ التغيُّر؛ فالهَواءُ قد يَبْرُدُ أو يَسخُنُ. وقد يَهطِلُ المطَرُ أو يكون الطقسُ مُشْمِسًا وجافًّا. أمَّا في باطِنِ الجِسْم، فالظروفُ البِيئيَّة تَظَلُّ في الغالِبِ هي نفسُها من يومٍ لآخَر؛ فدَرجةُ الحرارةِ هي نفسُها على الدوامِ تقريبًا، والمَزيجُ الكيماويُّ الذي تحيا بِه خلايا الجِسْمِ يبقى ثابتَ التركيز. وهذا لا يَعني أنَّ الجِسْمَ لا يتغيَّرُ أبدًا؛ فهو يُجري، طَوالَ الوقت، تعديلاتٍ بسيطةً في بِيئتِهِ الباطنيَّة. فالأعصابُ والهُرموناتُ (المَراسيلُ الكيماويَّة) تعمَلُ معًا لإبقاءِ ظُروفِ الجِسْمِ الداخليَّةِ في وَضْعِ الاستِقْرار. وهذا الاستِقْرارُ الداخليُّ (أو الإِسْتِتْبابُ) هو من خصائصِ الكائناتِ الحيَّةِ العُلْيا.

بلُّوراتُ أكسالات الكالسيوم في الثُّوم (ألِيُوم ساتيفُوم)

الإفْراغ

الكائناتُ الحيَّةُ كُلُّها بحاجةٍ إلى التخلُّص من الفَضَلات؛ ويُعْرَفُ هذا بالإفراغ. فَنحنُ نُفْرِغُ ثاني أكسيد الكربون والماءَ عَبْرَ الرِّئتَين، ونُفْرِغُ المُركَّباتِ النِّتروجينيَّةَ والأملاحَ والماءَ في البَوْل، وبعضَ الأملاحِ والماءِ في التَّعرُّق. ونتخلَّصُ أيضًا من مُخلَّفاتِ الطعامِ غيرِ القابلةِ للهَضم بالتبرُّز - لكنْ ذلكَ ليسَ إفراغًا أيْضيًّا جهازيًّا، لأنَّ هذه الأجزاءَ لا تَعْبُرُ خلايانا مُطلقًا. والإفراغُ عمليَّةٌ مُهمَّةٌ جدًّا لأنَّ الفَضَلاتِ قد تُسَمِّمُ الجِسْمَ. في الجِسْمِ السَّليمِ تعمَلُ الجُمْلَةُ العصبيَّةُ والهُرموناتُ على عَدَمِ تراكُمِ الفَضَلاتِ مُطلقًا.

الإفراغُ في النَّبات

النَّباتاتُ أيضًا تحتاجُ إلى التَّخلُّصِ من الفَضَلات كما الحيوانات. فأثناءَ التَّخليقِ الضوئيِّ، تَلْفِظُ النباتاتُ فضلةَ الأكسجين من أوراقِها، كما تَختزِنُ بعضُ النَّباتاتِ الفَضَلاتِ الجامدةَ في خلاياها. فالخلايا المُبيَّنةُ أعلاه من فِصِّ ثُومٍ قد إختزَنَتْ بِلُّوراتِ أكسالاتِ الكالسيوم كناتِجٍ فَضْلِيّ.

عِظَايةٌ تتشمَّسُ فوقَ صَخْرة

ذواتُ الدَّمِ البارِد

الأسْماكُ والبَرْمائيَّاتُ والزَّواحفُ حيواناتٌ خارجيَّةُ الإحرار (باردةُ الدَّم) تعتمِدُ على مصادِرَ خارجيَّةٍ لِتسخينِ أجسامِها. وهكذا فإنَّ درجةَ حرارتِها ترتفِعُ وتهبِطُ تبَعًا لدرجةِ حرارةِ مكانِ تَواجُدِها. والكثيرُ من هذه الحيواناتِ يُغيِّرُ درجةَ حرارتِهِ بنَمَطِ سُلوكِه. فتتعرَّضُ العِظَايةُ مثلًا لِلشَّمسِ في الطقسِ البارِد، وتَقْبَعُ في الظِّلِّ في الطقسِ الحارّ.

ذواتُ الدَّمِ الحارّ

اللَّبُوناتُ والطُّيورُ حيواناتٌ داخليَّةُ الإحرار (حارَّةُ الدَّم) تُوَلِّدُ الحرارةَ داخليًّا من خِلالِ الأيض، فتَحْفَظُ درجةَ حرارتِها ثابتةً - وهي عادةً أسخَنُ من بيئتِها. والحيواناتُ الداخليَّةُ الإحرارِ تَظَلُّ نَشِطةً حتَّى في الطقسِ البارِد؛ لكنَّ أجسامَها تتطلَّبُ مقاديرَ كبيرةً من الغِذاء (الوَقُود) لِتحقيقِ ذلك.

يَنْفُشُ أبُو الحِنِّ (إريتاكُوس رُوبِكُيُولا) ريشَهُ ليحتَفِظَ بدِفْئِه.

تنظيـمُ درجةِ الحرارة

ما لم تكُنْ مريضًا، فإنَّ درجةَ حرارةِ جِسْمِكَ ثابتةٌ على ٣٧°س. وتتولَّدُ الحرارةُ من انحِلالِ الغِذاءِ خلالَ التنفُّسِ الخَلَويّ، وهي تُفْقَدُ بِاستمرارٍ في الوقتِ نفسِه. فإذا فقَدَ الجِسْمُ حرارةً أكثرَ مما يُنتِجُ، يُرْسِلُ الدِّماغُ تَوًّا إشاراتٍ إلى الجِسْمِ لِزيادةِ إنتاجِ الحرارة كما يَمْنَعُ شُرُوبَ بَعْضِها بتضييقِ الأوعيةِ الدَّمويَّةِ القريبةِ من سَطحِ الجِلْد - مِمَّا يَجْعَلُ شَعْرَ البَدَنِ يَقِفُ قُشَعْرِيرةً. أمَّا إذا وَلَّدَ الجِسْمُ حرارةً أكثرَ مِمَّا يَنْبغي، فعندئذٍ يَبدأُ التَّعرُّق.

النُّخامى غُدَّةٌ صَمَّاءُ صغيرةٌ عظيمةُ الأهميَّة، تتَّصِلُ بقاعِدةِ الدِّماغ؛ وتُنتِجُ عددًا من الهُرموناتِ وتُنَبِّهُ غُددًا أُخرى لِتُفرِزَ هُرموناتِها الخاصَّة. ويَربِطُ الوِطاءُ المُجاوِرُ للنُّخامى، جُمْلةَ الغُددِ الصُّمِّ بالجُملةِ العَصَبيَّةِ في الجِسْم.

الغُدَّةُ الدَّرقيَّةُ تُفْرِزُ الدَّرَقِين، وهو هُرمونٌ يُنظِّم النُّمُوَّ، وسُرعةَ انحِلالِ الغِذاءِ لانبِعاثِ الطاقة.

يُنتِجُ البَنكرياسُ هُرمونَين يَحكُمانِ مُستَوياتِ السُّكَّرِ في الدَّم. فالإنسُولينُ يجعلُ الخلايا تستهلِكُ مَزيدًا من الغلوكوز، كما يَحْفِزُ الكَبِدَ على سَحبِ الغلوكوزِ من الدَّم. فيما يعملُ هرمونُ الغلوكاجون على جعلِ الكبِدِ تُمِدُّ الدَّمَ بِمَزيدٍ من الغلوكوز.

في شتَّى انحاءِ الجِسْمِ تَنْتشِرُ شَبكةٌ من الانابيبِ تدعى الجُملةَ اللمفيَّةَ تتلقَّى المائعَ اللمفيَّ المُتسرِّبَ من الاوعيةِ الشعريَّة، فتُرشِّحهُ لإزالةِ الخلايا والجُسَيماتِ الغريبة. ويُعادُ اللِّمفُ المُرشَّحُ إلى الدَّمِ عَبْرَ قناةٍ قربَ القَلْب.

العُقَدُ اللِّمفيَّةُ هي انتفاخاتٌ مَساميَّةٌ في الجُملةِ اللِّمفيَّةِ حيثُ تُهاجِمُ كُرَيَّاتُ الدَّمِ البيضُ الجراثيم. وإذا انخمَجَ الجِسْمُ بالبكتِريا او تعرَّضَ لِلسُّمِّ، من لَدْغةِ افعى مثلًا، فإنَّ العُقَدَ اللمفيَّةَ تتضخَّمُ عادةً.

الدَّمُ احَدُ اكثرِ الموادِّ اهميَّةً في المُحافظةِ على استِقرارِ البيئةِ الباطنيَّة. فهو يحمِلُ الأُكسجينَ إلى الخلايا، ويأخذُ منها الفَضَلاتِ، ويَقْتُلُ البكتِريا المُؤذيَة، كما يحمِلُ جميعَ المَراسيلِ الهُرمونيَّةِ من الخلايا وإليها.

القُشَعْريرة (الإِرْتِعاش)

إذا بَرَدَ جِسْمُكَ كثيرًا، يُرسِلُ دِماغُكَ إشاراتٍ إلى بعضِ عَضَلاتِكَ لِتَنْقبِضَ أو تَرْتعِشَ. وهذا الارتِعاشُ يُوَلِّدُ حرارةً تُدفِئُ الجِسْمَ. وفي الوقتِ نَفْسِه، تَضِيقُ الأوعيةُ الدَّمويَّةُ القريبةُ من الجِلْد، فتمنَعُ شُروبَ الكثيرِ من حرارةِ الجِسْمِ عَبْرَه.

غُدَّةٌ عَرَقيَّة
شَعْرة
تَبَثُّرٌ قُشَعْريريّ
عضَلةٌ قافَّة (تُقيم الشَّعْرة)
عَصَب
اوعيةٌ شَعْريَّة

قُفُوفُ الجِلْد (قُشَعْريرة)

إحدى العَلاماتِ الأُولى لِلإحساسِ بالبَرْد هي قُفُوفُ الجِلْدِ بِنُتوءاتٍ بَثْريَّةٍ على سَطْحِه. وتَظهرُ هذه النُّتوءاتُ لأنَّ عَضَلاتٍ دقيقةً تُقِفُ شَعْرَ البَدَنِ قُشَعْريرةً.

مُراقبةُ الجِسْم
وماغُكَ مُراقِبٌ دائمٌ لِبيئةِ جِسْمِكَ الباطنيَّة. فَجُزءٌ منه يرقُبُ على الدوام تركيزَ ثاني أكسيد الكربون في الدَّم، فيزيدُ سُرعةَ التنفُّس إذا زادَ التركيزُ كثيرًا. كما تَضْبِطُ أجزاءٌ أُخرى من الدِّماغ نِسبةَ الماءِ في الدَّم ودرجةَ حرارةِ الجِسْم، وسِواها من الظُّروف الحَيَويَّة.

مع كُلِّ زَفيرٍ، تَنْبَعِثُ رِئتاكَ ثاني أكسيد الكربون وبُخارَ الماء (هذا البُخارُ يُضبِّبُ الزُّجاجَ لو زَفَرْتَهُ عليه).

كَبِدُكَ تعملُ كمُرَشِّحٍ وكمَصْنَعٍ كيماويّ، فهي تُزيلُ خلايا الدَّم الحُمْرَ التالِفَةَ وتختزنُ حديدَها. وتضبِطُ الكبدُ أيضًا مستوى الغلوكوز في الدَّم، كما تصنعُ البروتيناتِ التي تُخثِّرُ الدَّمَ.

تَرْشَحُ كُلْيتاكَ الدَّمَ فتستَصْفيان جزءَه المائعَ وتستخلِصان البَوْلَ من الفضَلاتِ وفائضَ الماءِ فيه.

يُساعدُ التعرُّقُ على تبريدِ الجِسْم. ويحوي العَرَقُ أملاحًا تجعلُ مَذاقَ الجِلْدِ مالحًا بعدَ التعرُّق.

الهُرمونات
الهُرموناتُ موادُّ تحمِلُ رسائلَ مُعيَّنة. في الحيواناتِ تُفرِزُ الغُددُ الصُّمُّ هُرموناتٍ تَصُبُّ مُباشرةً في مَجرى الدَّمِ لِتدورَ حَوْلَ الجِسْم. وعندما يَبْلُغُ الهُرمونُ الخلايا المُستَهْدَفَةَ يُبدأُ بتنفيذِ رسالتِه تَوًّا. يُنتِجُ الجِسْمُ أكثرَ من ٥٠ هُرمونًا مُختلِفًا، بعضُها يَنْظِمُ مُستوياتِ الموادِّ المُهِمَّةِ في الدَّم، وأُخَرُ تتحكَّمُ في طريقةِ نُموِّ الجِسْمِ وتطوُّرِه. وتعمَلُ الهُرموناتُ عادةً أزواجًا - واحدٌ ذو تأثيرٍ مُضادٍّ لِلآخَر.



الهُرموناتُ في النَّبات
إذا وَضَعْتَ أصيصَ بادِراتٍ على أُسْكُفَّةِ النافذة، فإنَّ البادِراتِ تَنْحَني باتّجاه الضَّوء. ويَحدُثُ ذلك لأنَّ الهُرموناتِ المُعزِّزَة لِلنَّماء تتجمَّعُ على جانبِ الغُصنِ البعيدِ عن الضَّوءِ فيَنْحَني. الهُرموناتُ النباتيَّةُ تحكُمُ النُّموَّ والتطوُّرَ غالبًا. بعضُ الهُرموناتِ يُبطِئُ نُموَّ النَّبتة؛ وهُرموناتٌ أُخَرُ تَجعلُ الأوراقَ تَسقُطُ في الخريف.

أيُخفِّضُ الإنْسُولينُ مُستوى الغلوكوز في الدَّم، فيَستَثيرُ بذلك إفرازَ مزيدٍ من الغلوكاجُون.

الغلوكاجُون يرفَعُ مُستوى الغلوكوز في الدَّم، فيَستَثيرُ إفرازَ مزيدٍ من الإنسُولين.

غلوكوزُ الدَّمِ عالٍ

غلوكوزُ الدَّمِ خفيض

حَلَقاتُ التقليمِ الراجع (التغذيةِ المُرتدَّة)
الإنسُولينُ والغلوكاجُون هُرمونانِ يتحكَّمانِ في مُستوى الغلوكوز في الدَّم. فالإنسُولينُ يُخفِّضُ مُستوى غلوكوزِ الدَّم، بينما الغلوكاجُون يَرفَعُه. هذان الهُرمونانِ يُشكِّلانِ حَلْقةَ تَلْقيمٍ راجع، لأنَّ كُلًّا منهما يُؤثِّرُ في (ويتأثَّرُ بـ) ما يفعلُه الآخَر.

نَحْلُ العَسَل (أبيس مِلّيفِرا)

مَلِكَةُ النَّحْل

الإتصالاتُ الكيماويّة
بعضُ الحيواناتِ تُطلِقُ كيماويّاتٍ، تُدعى فِيرُومُوناتٍ، تتواصَلُ بها بعضُها مع بعض. فالحشَراتُ الاجتماعيَّةُ، كالنَّحلِ والنَّمْلِ والأَرَضِ، تُوصِلُ فِيرُومُوناتِها، بعضُها إلى بعض، عَبْرَ الهواءِ أو باللَّمْس. فمَلِكَةُ النَّحلِ مثلًا تحكُمُ النَّحيةَ (خَليَّةَ النَّحل) بالفِيرُومُوناتِ التي تُطلِقُها.

الدِّفاعاتُ المُتحرِّكة
كُرَيَّاتُ الدَّمِ البِيضُ هي حَرَسُ الجِسْمِ ضِدَّ الغَزْو. منها نوعٌ بَلْعَميٌّ، كالمُبيَّنةِ أعلاهُ تَغْمُرُ وتَلتَهِمُ سِرْبًا من البكتريا العِقْديَّة. هذه البَلْعَميَّاتُ تَنتقِلُ عَبْرَ الدَّمِ والجِسْمِ وتَبتلِعُ الجراثيمَ. وفي الدَّمِ كُرَيَّاتٌ بِيضٌ أُخَرُ لِمُقاوِيَّة تصنعُ أجسامًا مُضادَّة، وهي كيماويَّاتٌ بروتينيَّة، تلتصِقُ بالغازياتِ وتَقضي عليها.

كلُود برنار
كان العالِمُ الفرنسيُّ، كلُود برنار (١٨١٣-١٨٧٨)، مِن أوائلِ الذين درسوا الفِسيولوجية (عِلْمَ وظائفِ الأعضاء)، وتعرَّفوا تكامُلَ عَمَلِ أعضاءِ الجِسْم في المُحافظةِ على أستقرارِ بيئتِه الباطنيَّة. فقد اكتشفَ أنَّ الغلوكوزَ، الذي هو المَصْدَرُ الرئيسيُّ للطاقة في الجِسْم، يُختزَنُ في الكَبِد كغَلَيْكُوجين، ثُمَّ يُطلَقُ عند حاجةِ الجِسْمِ إليه. كما درسَ عمليَّةَ الهَضْم، وتأثيرَ العقاقيرِ على وظائفِ الجِسْم والجُمْلَةِ العَصَبيَّة.

مُكافحةُ الأمراض
جِسْمُ الإنسانِ مَوئِلٌ مِثاليٌّ لِلمُتعضّياتِ المِجْهَريَّة، كالبكتريا، لأنَّه يُوفِّرُ لها الدِّفءَ والغذاء. ولِلمُحافظةِ على أستقرارِه الداخليّ يَستخدِمُ الجِسْمُ نظامَهُ المَناعيَّ لِمُكافحةِ تلكَ الجراثيم. والجهازانِ الدَّمويُّ واللِّمفيُّ عظيما الأهميَّةِ في هذا المَجال. فكثيرٌ من الجراثيمِ التي تَدخُلُ الجِسْمَ تغمُرُها كُرَيّاتُ الدَّمِ البِيضُ وتَبتلِعُها؛ وكثيرٌ سِواها تُهاجِمُها بُروتيناتُ نِظامِ المَناعةِ المعروفةِ بالأجسامِ المُضادَّة وتُبيدُها. والنظامُ المَناعيُّ يَسْهُلُ عليه القضاءُ على هذه الجراثيمِ فيما لو عادَتْ لِمُهاجمةِ الجِسْمِ ثانيةً بِفضْلِ أستجابتِه الذاكِريَّةِ لِتركيبِها الكيماوي؛ ويُعرَفُ هذا بالمَناعةِ التحصينيَّة.

لمزيد من المعلومات انظر

الجراثيم (البكتريا) ص ٣١٣
التنفُّسُ الخلويّ ص ٣٤٦
الدَّم ص ٣٤٨
النُّموُّ ومَراحِلُه ص ٣٦٢
حقائقُ ومعلومات ص ٤٢٢

الهَياكِلُ الدَّاعِمَة

الهَيكَلُ يَسنُدُ جَسَدَ الحيَوانِ، ويُؤلِّفُ إطارَ دَعْمٍ يَحْمِيهِ ويُحافِظُ على شَكلِهِ، كما يُوفِّرُ لِلعَضَلاتِ مُرتكزًا تَشُدُّ إليه. مُعظَمُ الحيواناتِ المألوفةِ ذاتُ هياكلَ دَاعِمَةٍ من مادَّةٍ صُلْبةٍ كالعَظْمِ أو المَحار، وكُلَّما كَبُرَ حَجْمُ الحيوانِ ووَزْنُه تزدادُ حاجَتُه إلى هيكلٍ دَعْمٍ أقوى وأمتَن. والكثيرُ من الحيواناتِ الصغيرة لها أيضًا هياكِلُ داعِمةٌ، لكِنَّها ليسَتْ بالضرورة صُلْبَةَ الأجزاءِ دائمًا. فَدُودَةُ الأرْضِ مثلًا، عديمةُ العَظْمِ، وهي تدعَمُ جِسْمَها بالضغطِ الباطِنيِّ؛ حيثُ تَضْغَطُ موائعُ الجِسْمِ على الجِلْدِ، كما الهواءُ داخِلَ إطارٍ مَطاطِيٍّ، كهَيْكلٍ هيدروستاتيٍّ يُمكِّنُها من الانجحارِ في التُّربة.

السَّرطانُ النَّضَويُّ ذو دِرْعٍ صُلْبٍ يُغطِّي رأسَه - بحيثُ العينانِ في أعلاه، والأرجُلُ بأسفلِه. وينسلِخُ السَّرطانُ كُلَّما نَما.

يتألَّفُ جِسمُ ألفيَّةِ الأرجُلِ من شُدَفٍ كثيرةٍ تتمَفْصَلُ واحدتُها بالأخرى فتُتيحُ للحيوانِ التلوِّيَ والالتِفاف. ولا بُدَّ لهذه المَفصِليَّاتِ من الانسلاخِ كي تنمو.

بَلَحُ البَحرِ المَحاريُّ، بخلافِ الحَشَراتِ والقِشْريَّات، ليسَتْ بحاجةٍ إلى الانسلاخ، لأنَّ أصدافَها تَكْبُرُ مع نَماءِ الجِسْم.

العَيْشُ المُعلَّب

الهيكلُ الخارجيُّ لَه مِيزاتُه الإيجابيَّةُ والسَّلبيَّة. فمن حَسَناتِه أنه يَحْمي صاحِبَهُ من الأذى، ويَجْعَلُ من العَسيرِ على المُتَعضِّياتِ المُمْرِضَةِ مُهاجَمتَه. وفي الحيواناتِ البَرِّيةِ العَيْشِ يُساعِدُ الهيكَلُ الخارجيُّ في عَدَمِ تَجفافِ الجِسْم. أمَّا الميزتانِ السَّلبيَّتانِ للهيكلِ الخارجيِّ فهُما كونُه ثقيلًا أحيانًا، بخاصَّةٍ على البَرِّ؛ كما أنَّ من الضروريِّ اطِّراحَه مع نَماءِ صاحِبِه في بَعْضِ الحيوانات. وخِلالَ عمليَّةِ الانسلاخِ يَنْفلِقُ الهيكلُ الخارجيُّ، ويَتملَّصُ الحيوانُ منه، كاشِفًا هيكَلَهُ الجديدَ القَرْنيَّ تحتَه. وعلى الحيوانِ حينئذٍ أنْ يَختَبِئَ في مكانٍ آمِنٍ تجنُّبًا لأعدائه حتى يَنْمُوَ هيكلُه الغَضُّ ويتصَلَّب.

الهَياكِلُ الخارجيَّة

الكثيرُ من اللَّافقاريَّاتِ ذاتُ هيكلٍ سَطحيٍّ يتألَّفُ من قِشْرةٍ صُلْبةٍ تَدْعَمُ الجِسْمَ من الخارج. ففي الحَشَراتِ والمَفْصِليَّاتِ الأُخرى يتكوَّنُ الهيكلُ الخارجيُّ من صفائحَ جاسئةٍ مَرِنةِ التَّمفْصُلِ فيما بَيْنَها. وهذه الصفائحُ لا يتغيَّرُ حجمُها بعدَ التكوُّن. لِذا تَطْرَحُ الحشَرةُ هيكلَها الخارجيَّ كُلَّما نَمَتْ، وتُخلِّقُ هيكلًا آخَر. وفي الخنافِسِ يَنْطوي الجَناحانِ الأماميَّان، كجُنَيْحاتٍ غِمديَّةٍ فوقَ الجَناحينِ الخَلْفيَّيْنِ الرَّقيقَيْنِ ويحجبانِهما.

تتألَّفُ المَفاصِلُ من نَسيجٍ مَرِنٍ يُتيحُ للحيوانِ تحريكَ أقسامِ جِسْمِه المُختلِفةِ بسُهولة.

أرْجُلُ الخُنْفُساءِ مُغطَّاةٌ بصفائحِ الكَيْتينِ الصُّلْبةِ كبَقيَّةِ جِسْمِها. وتتَّصِلُ العَضَلاتُ التي تُحرِّكُ الأرجُلَ بداخِلِ صفائحِ الشُّدْفَةِ التي تَليها.

الكَيْتين

تتألَّفُ هياكِلُ الحَشَراتِ الخارجيَّةُ من مادَّةٍ قَرْنيَّةٍ تُدعى الكَيْتين، مُتراصَّةً في طَبَقاتٍ تتعارضُ أليافُها المتوازيَةُ فتجعلُ الهَيكَلَ الخارجيَّ شديدَ المَتانة.

المَحار

الرَّخَويَّاتُ إجمالًا ذاتُ هياكِلَ خارجيَّةٍ صُلْبَةٍ هي مَحاراتُها. وتتألَّفُ هذه المَحاراتُ أو الأصدافُ من كربوناتِ الكالسيوم المَعدنيَّة. ومع نَماءِ الحيوانِ الرَّخَويِّ، يَستَمِرُّ في إضافةِ المَعدنِ إلى شَفَةِ مَحارتِه، فتكبُرُ تدريجيًّا وتتزايدُ لَفَّاتُها وتتَّسِعُ فُسَحُها الداخليَّة. وهكذا يستطيعُ الحيوانُ الرَّخَويُّ الاحتفاظَ بهيكلِه الخارجيِّ طَوالَ حياتِه، دونَ أن يَطْرَحَهُ كما تفعَلُ الحَشَراتُ والقِشْريَّات.

الدَّعْمُ في النَّبات وفي المُتعَضِّياتِ الوحيدةِ الخليَّة

الخلايا النَّباتيَّةُ جميعُها مُدَعَّمةٌ بالسِّلِيُولوز؛ ويحوي الكثيرُ من الخلايا الخَشَبيَّةِ أيضًا مادَّةً عاسِيَةً تُدعى الخَشَبين (اللِّجْنين)؛ وبفَضْلِ هذا الدَّعْمِ المَكين تظَلُّ الأشجارُ قائمةً مُنتصِبة. وتَكُونُ الطحليَّاتُ البَحْريَّةُ الوحيدةُ الخليَّة، من المَشْطورات (الدِّياتوميَّات)، هياكِلَ جميلةً من السِّليكا (المَعدنِ الذي يتألَّفُ منه الرَّمل)؛ وتختلِفُ أشكالُ هذه الهياكلِ من نوعٍ لآخَر.

أشجارُ النَّخيل

مَشْطورات (دياتوميَّات)



الهَياكِلُ الداخِليَّة

الإنسانُ، كسائرِ الفقاريّاتِ الأُخرى، ذو هيكلٍ غائرٍ يَدْعَمُ الجِسْمَ من الداخِل. والهياكِلُ الداخليَّةُ في مُعظمِها تتألَّفُ من عَظْمٍ وغُضروفٍ، فيُوَفِّرُ العَظْمُ المتانةَ والقُوَّةَ، بينما يُتيحُ غُضروفُ المَفاصِلِ انزلاقَ العظامِ بعضِها فوق بعضٍ أثناءَ الحَرَكة. يتألَّفُ هيكلُ الإنسانِ من ٢٠٦ عِظامٍ تتراوَحُ حَجْمًا بين عَظْمِ الفَخِذِ الضَّخْم والعُظَيْماتِ الدقيقةِ في الأُذُنِ المُتَوَسِّطَة. وبخلافِ الهياكِلِ السَّطحيةِ في الحَشَرات وسِواها، فإنَّ هيكلَ الإنسانِ يَنْمُو داخليًّا مُتَساوِقًا مع نماءِ الجِسْم.

المَفاصِل

المَفاصِلُ هي مَناطِقُ الْتِقاءِ العِظامِ المُختلِفة. والمفاصِلُ في مُعظمِها تَسْمَحُ بالحَرَكة، بِشكلٍ أو بآخر، بِفَضْلِ طَبَقَةٍ غُضروفيَّةٍ مَلْساء تُغَطِّي رؤوسَ العِظام، ويُزَلِّقُها في الحَرَكة سائلٌ زَليليٌّ خاصّ. والمَفْصِلُ بكامِلِه مُحاطٌ بِمِحْفَظَةٍ غِشائيَّةٍ لِيفيَّةٍ مَتينة.

المَفاصِلُ الرَّزِّيَّة

المِرْفَقُ (كما الرُّكبةُ) مَفْصِلٌ رَزِّيٌّ أُحاديُّ اتِّجاهِ الحَرَكة - يترجَّحُ صُعودًا وهُبوطًا فقط، وليسَ من جانبٍ لآخر.

المَفاصِلُ الثابِتة

بعضُ المَفاصِلِ مُرْتَجَّةٌ لا يُمكِنُها الحَرَكةُ، كما في مَفاصِلِ عِظامِ الجُمْجُمةِ التي تَحمي الدِّماغ. في بدءِ تَنَشُّئِها تكونُ عِظامُ الجُمْجُمةِ مُنْفَصِلةً، ثمَّ تتنامى تَدريجيًّا لِتتَّصِلَ وتتماسَكَ معًا بِخُطوطٍ مُتَعرِّجةٍ تُدعى خُطوطَ الدَّرْز. أمّا عَظْما الجَبْهَةِ فيَندمِجان تمامًا لِمَزيدٍ من القُوَّة.

المَفاصِلُ الحُقِّيَّةُ الكُرَوِيَّة

مَفْصِلا الوَرِكِ والكَتِفِ يَسْمَحان بالحَرَكةِ في كُلِّ اتِّجاهٍ تقريبًا. فكُلٌّ منهما يَحوي عَظْمًا طويلًا، ينتهي بِكُرَةٍ، وحُقًّا يُوائِمُ تِلكَ الكُرَة. ويَشُدُّ العَظْمَين معًا أليافٌ غَليظةٌ مَتينةٌ تُدعى الأَرْبِطة.

باطِنُ العَظْم

العَظْمُ نَسيجٌ حَيٌّ يَحوي عِدَّةَ أنواعٍ من الخَلايا. وبعضُ خَلاياهُ تُحيطُ نَفْسَها بِبِلّوراتٍ من الأملاحِ المَعدِنيَّةِ تَجعَلُ العَظْمَ صُلْدًا جاسِئًا. وتحوي العِظامُ الطِّوالُ في داخِلِها النِّقْيَ حيثُ تُوَلَّدُ كُرَيّاتُ الدَّمِ وتُختَزَنُ الدُّهون.

هياكِلُ لا عِظامَ فيها

الهياكلُ البَشَرِيَّةُ في مَراحِلِها الجَنينيَّةِ الأُولى غُضروفيَّةٌ بِكامِلِها. وتتعَظَّمُ غضاريفُ الهيكلِ تدريجيًّا حتّى حوالى سِنِّ الـ ٢٥ من العُمْر. أمّا أسماكُ القِرْشِ والشِّفْنين فلا تتعَظَّمُ هياكلُها الغُضروفيَّةُ مُطلقًا. ولِكَونِها مائيَّةَ العَيْشِ فالغُضروفُ وحدَه كافٍ لِتدعيمِ أجسامِها.

أضلاعُ الأفعى لا تَلُفُّ الجانِبَ السُّفْليَّ من جِسْمِها، مِمّا يَسْمَحُ لِجِلْدِ البَطْنِ بالامتِطاطِ عندما تَبْتَلِعُ الأفعى وَجْبَةً ضَخْمة.

هيكَلٌ عَديمُ الأرْجُل

يكادُ هيكلُ الأفعى يَقْتَصِرُ على جُمْجُمةٍ وعمودٍ فِقْريٍّ وأضلاع. ويحوي عمودُها الفِقْريُّ مِئاتِ الفِقْرات، وعددًا ضخمًا من المَفاصِلِ يَسْمَحُ كُلُّ واحدٍ منها بِبَعضِ التَّثَنّي مِمّا يجعَلُ الجِسْمَ بِمَجموعِه قابِلًا لِلتَّحَوِّي والتَّطَوّي. والأفاعي عديمةُ عِظامِ الأطرافِ حتّى إنَّ مُعظَمَها فَقَدَ كُلَّ أثرٍ لِعِظامِ الكَتِفِ والحَوْض.

العمودُ الفقاريُّ في الأفعى يتطَوّى على ذاتِه.

عِظامُ جُمْجُمةِ الأفعى أكثرُها رِخْوُ التَّماسُكِ؛ بِحَيثُ يتغيَّرُ شكلُ الرأسِ عِندَ ابْتِلاعِ الأفعى حيوانًا أكبرَ من رأسِها.

لمزيد من المعلومات انظر

المُتعَضِّياتُ الوحيدةُ الخليَّة ص ٣١٤
المَفْصِليّات ص ٣٢٢
العَضَلات ص ٣٥٥
الحَرَكة ص ٣٥٦

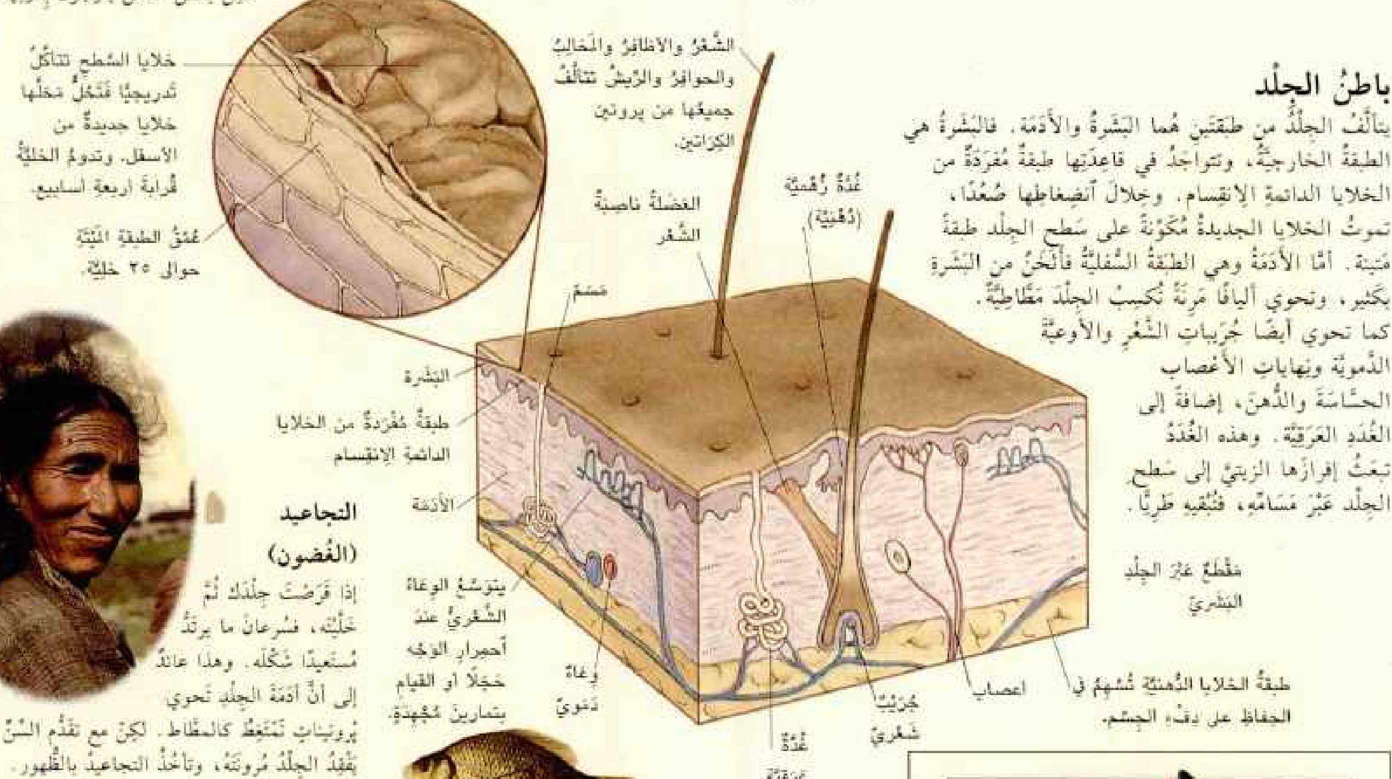
الجِلْد

الجِلْدُ غِطاءٌ مَرِنٌ مَتينٌ يَحْمي الجِسْمَ ويُساعِدُ في المُحافظةِ على دَرجة حرارتِه ثابتةً. ورُغْمَ إحساسِنا بحيَوِيَّتِه، فإنَّ سَطحَ الجِلْدِ الخارجيَّ مَواتٌ لا حياةَ فيه. لكِنْ، بِدُون هذه الطبَقةِ المَيْتةِ كانَ الجِسْمُ، سَريعًا، يجفُّ ويَتعرَّضُ لِغَزْوِ البَكتريا. يُجَدِّدُ الجِلْدُ سَطحَهُ الخارجيَّ باستِمرار، ويُرَمِّمُ نفسَه بِسُرعة إذا جُرِحَ أو خُدِش. وتتزايَدُ ثَخانةُ الجِلْدِ في مَواقعِ الحَتِّ الزائدِ كما في أخمَصَي القَدمَين وراحتَي اليَدينِ أحيانًا. جِلْدُ الإنسانِ في مُعظمِه مُغطّى بالشَّعْر، لكِنَّ الشَّعْرَ في مُعظمِ اللَّبُوناتِ أغْزَرُ وأكثَفُ. والجِلْدُ عامِلٌ مُهِمٌّ في تَبْريد الجِسْم - ففي الطقس الحار يتمَدَّدُ الجِلْدُ وتمتلِئُ أوْعيَتُهُ الدَّمويَّةُ الشعريَّةُ بالدَّم فيزدادُ فَقْدُ الحرارةِ إلى الهواءِ المُحيط. كما إنّ زيادةَ التَّعرُّقِ وتَبَخُّرَه تُبرِّدُ الجِسْمَ بفَعاليةٍ مَلْموسَة. والجِلْدُ أكبَرُ أعضاءِ الجِسْم، فمِساحَتُه الإجماليةُ في الشخصِ البالغِ تبلغُ حوالى مِتْرَين مُرَبَّعَيْن.



الاغتِذاءُ بالجِلْد

يَطْرَحُ الناسُ ملايينَ الخلايا المَيْتةِ من سَطحِ جُلودِهِم يوميًّا، فتَمتزِجُ مع الغُبارِ وتوفِّرُ غِذاءً لِعُثِّ الغُبارِ المَنْزليّ الدقيق. هذه العُثُّ غيرُ مُؤذِيةٍ عادةً، لكِنَّ بَعْضَ الناس يأرَجُون بِذَرْقِها.



باطِنُ الجِلْد

يتألَّفُ الجِلْدُ من طبقتَين هُما البَشَرةُ والأدَمَة. فالبَشَرةُ هي الطبقةُ الخارجيَّةُ، وتتواجَدُ في قاعِدَتِها طبقةٌ مُفرَدةٌ من الخلايا الدائمةِ الإنقسام. وخِلالَ انضِغاطِها صُعُدًا، تموتُ الخلايا الجديدةُ مُكَوِّنَةً على سَطحِ الجِلْد طبقةً مَتينة. أمّا الأدَمَةُ وهي الطبقةُ السُّفليَّةُ فأثخَنُ من البَشَرةِ بكثير، وتحوي أليافًا مَرِنَةً تُكسِبُ الجِلْدَ مَطّاطيَّةً. كما تحوي أيضًا جُرَيباتِ الشَّعْرِ والأوعيَةَ الدَّمويّةَ ونِهاياتِ الأعصابِ الحسّاسَةَ والدُّهنَ، إضافةً إلى الغُددِ العَرَقيّة. وهذه الغُدَدُ تبعَثُ إفرازَها الزيتيَّ إلى سَطحِ الجِلْد عَبْرَ مَسامِّه، فتُبقيهِ طَريًّا.

التجاعيد (الغُضون)

إذا قَرَصْتَ جِلْدَكَ ثُمَّ خَلَّيتَه، فسُرعانَ ما يرتَدُّ مُستعيدًا شَكْلَه. وهذا عائِدٌ إلى أنَّ أدَمَةَ الجِلْدِ تحوي بُروتيناتٍ تَمْتَطُّ كالمطّاط. لكِنْ مع تقدُّمِ السِّنِّ يَفْقِدُ الجِلْدُ مُرونَتَه، وتأخُذُ التجاعيدُ بالظُّهور.

الحراشِف

الحراشِفُ المُتراكِبَةُ تُغطّي الجِلْدَ في مُعظمِ الأسماكِ لِحمايَته. هذه الحراشِفُ تَنْمُو من الأدَمَة، وتتألَّفُ من عَظْمٍ وأنسِجةٍ أخرى. مُعظمُ الأسماكِ العَظْميّةِ ذاتُ حراشِفَ مُستديرةٍ تَجعلُها صَقيلةً مَلساء، بينما حراشِفُ سَمَكِ القِرْشِ صغيرةٌ مُدَبَّبةٌ تُكسِبُ جُلودَها نَسْجَةً مُرَمَّلةً كوَرَقِ السُّنْفُرة.

تتراكَبُ الحراشِفُ المُتراكِبةُ بعضُها فوقَ بعضٍ فيَبْقى جِلْدُ السَّمَكِ مَرِنًا نوعًا رُغْمَ غِطائه الصُّلْب.

بَصَماتُ الأصابِع

الجِلْدُ على راحتَي يَدَيكَ وأخمَصَي قَدَمَيكَ تُحزِّزُه حُيودٌ دقيقةٌ تُكسِبُ الجِلْدَ قَبْضةً أفضلَ لإمساكِ الأشياء. إنَّ نَمَطَ هذه الحُيودِ فريدٌ مُتميِّز، يكبُرُ بِنُمُوِّه، لكِنَّ شَكْلَه يَظَلُّ ثابتًا لا يتغيَّر.

لَوْنُ الجِلْد

بعضُ الحيواناتِ تستطيعُ تَغْييرَ لَوْنِ جِلْدِها. فالحَبّارُ (السُّبَيْدِج) مثلًا، يُغَيِّرُ لَونَهُ بتغييرِ حَجْمِ نُقَيراتٍ خاصَّةٍ في جِلْده. أمّا البَشَرُ فتكتسِبُ جُلودُهم لَوْنَها من خِضْبٍ يُدعى المَلانين (أو الميلانين)، يتكوَّنُ تحتَ سَطحِ الجِلْد مُباشرةً. وتحوي جُلودُ بعضِ الناسِ خِضْبَ الكاروتين أيضًا في الأدَمَة. وهكذا فإنَّ جُلودَ البَشَرِ لا تختلِفُ إلّا بكَمّيّةِ الخِضْبِ التي تحتويها.

لمزيد من المعلومات انظر

انتِقالُ الحرارة ص ١٤٢
الرَّخويّات ص ٣٢٤
الأسماك ص ٣٢٦
الزَّواحِف ص ٣٣٠
الطُّيور ص ٣٣٢
البيئةُ الباطنيّةُ (في الأحياء) ص ٣٥٠

العَضَلات

تُكَوِّنُ العَضَلاتُ حوالى نِصْفِ وَزْنِ الجِسْم، وهي التي تُحَرِّكُه. بِٱنقِباضِها تستطيعُ العَضَلاتُ الشَّدَّ سَحْبًا لا دَفْعًا. لِذا، فمُعظمُ العَضَلاتِ مُنَظَّمٌ أزواجًا أو مَجموعاتٍ تَستَطيعُ الشَّدَّ في ٱتِّجاهاتٍ مُضادَّة. في الفَقارِيّاتِ (ذواتِ العَمُود الفِقَري) ثلاثةُ ضُروبٍ مُختلِفةٍ من العَضَلات. فالإراديَّةُ (أو الهَيكَلِيَّةُ) مِنها مُخَطَّطةٌ غالبًا وتربِطُها بالعِظام أوتارٌ مَتينة، وهي عندما تَنْقَبِضُ تُحَرِّكُ جُزءًا من الجِسْم. هٰذه العَضَلاتُ نتحَسَّسُها بِسُهولةٍ لأنَّها إراديَّةٌ نُحَرِّكُها مَتى شِئْنا. أمّا العَضَلاتُ اللَّاإراديَّةُ فمَلْساءُ تُوجَدُ في القناة الهَضْميَّةِ والأوعيةِ الدمويَّة. وهي مُهِمَّةٌ في عمليَّةِ التَمَعُّج لِتحريك الطَّعامِ والسوائلِ في الجِسْم. أمَّا النوعُ الثالِثُ فمُخَطَّطٌ لاإراديّ، ويتمَثَّلُ بِعَضَلةِ القَلْبِ فقطْ التي تعمَلُ تِلقائيًّا، انقِباضًا وانبِساطًا، بانتِظامٍ دونَما كَلَل.

العَضَلاتُ البَشَرِيَّة

يحوي جِسْمُ الإنسان حوالى ٦٦٠ عَضَلةً إراديَّة، يَسْري فيها مَدَدٌ وافِرٌ من الدَّم، فيُوفِّرُ لها الأكسجينَ والغلوكوز. والعَضَلاتُ تَسْخُنُ بالانقِباض، فتُمِدُّ الجِسْمَ بحوالى أربعةِ أخماسِ طاقَتِه الحراريَّة.

عندما تَخفِضُ ذِراعَك، تسترخي العَضَلةُ ذاتُ الرأسَيْن. وإذا حاولْتَ ضَبْطَ استِقامةِ ذِراعِكَ قَدْرَ المُستَطاع، فستُحِسُّ أنَّ ثُلاثيَّةَ الرُّؤوسِ مَشدودة.

ذاتُ الرأسَيْن

ثُلاثيَّةُ الرُّؤوس

الحَرَكاتُ التي يَقومُ بها زَوجٌ واحدٌ من العَضَلاتِ قليلةٌ جِدًّا؛ فمُعظمُ الحركاتِ تقتضي عَمَلَ عِدَّةِ عَضَلاتٍ مَعًا. فالبَلْعُ مثلًا، يتطلَّبُ عَمَلَ سِتِّ عَضَلاتٍ على الأقلّ.

عَضَلةٌ إراديَّةٌ بَشَريَّة

لُيَيفةٌ عَضَليَّة

ليفةٌ عَضَليَّة

حُزْمةُ أَلياف

غِشاءٌ متينٌ يُغَطِّي العَضَلةَ ويَحميها.

ذاتُ الرأسَيْن

ثُلاثيَّةُ الرُّؤوس

عندما ترفَعُ ذِراعَك، تَنقَبِضُ ذاتُ الرأسَيْن، وتسترخي العَضَلةُ المُضادَّة - الثلاثيَّةُ الرُّؤوس.

تنفيذُ الحَرَكة

حالَما يَهُمُّ الضِّفدِعُ بالقَفْز، يُبرِقُ الدِّماغُ إشاراتٍ عَبْرَ أعصابِها إلى عَضَلاتِ رِجْلَيها، فتَنقَبِضُ الأليافُ العَضَليَّةُ تَوًّا وتَتِمُّ عمليَّةُ القَفْز. بعضُ الأليافِ العَضَليَّةِ يتقلَّصُ بينما يَسترخي بعضُها الآخَرُ حتى والضِّفدعُ ساكِنٌ لا يتحرَّك. وهذا يُبقي العَضَلاتِ مُشتَدَّةً (سَويَّةَ التوتُّر) ويَحفَظُ الجِسْمَ صحيحًا نَشِطًا. التَّوتُّرُ العَضَليُّ السَّويُّ مُهِمٌّ جِدًّا في أجسادِنا نحنُ أيضًا، ويتحسَّنُ بالتمرينِ المُنتظِم.

العَضَلاتُ الخلفيَّةُ في فَخِذِ الضِّفدعِ تَبسُطُ الرِّجْل.

العَضَلاتُ الخلفيَّةُ في الساقِ تَبْسُطُ القَدَم.

العَضَلاتُ القويَّةُ في رِجْلَي الضِّفدعِ الخلفيَّتَيْن تُكسِبُها القُدرةَ على القَفْز.

بِنْيَةُ العَضَل

تتألَّفُ العَضَلةُ من أليافٍ مُتعدِّدةٍ مُنتظِمةٍ في حُزَم. كُلُّ لِيفةٍ عَضَليَّةٍ هي خليَّةٌ واحدة؛ والخلايا العَضَليَّةُ غيرُ عاديَّةٍ لأنها تحوي عِدَّةَ نُوًى، وقد تتجاوزُ السَّنتيمترَ طُولًا. وتتألَّفُ الأليافُ (الخلايا) من خُيوطٍ أصغَرَ تُدعى اللُّيَيْفات، تحوي كيماويّاتٍ يَنزلِقُ بعضُها عَبْرَ بعضٍ فتُسَبِّبُ انقِباضَ العَضَل.

خَيطٌ أكتينيٌّ قَلوص

خَيطٌ مَيُوسينيٌّ قَلوص

إنقِباضُ (أو تقلُّصُ) العَضَل

تحوي اللُّيَيْفةُ العَضَليَّةُ عَناقيدَ من بروتينَيْنِ مُختلِفَيْن هما الأكْتين والمَيُوسين، يتألَّفُ كُلٌّ منهما من خُيوطٍ مُنفصلةٍ مُوَضَّعةٍ في طبقاتٍ مُتراكِبة. فعند استرخاءِ اللُّيَيْفةِ العَضَليَّةِ تتراكَبُ خُيوطُ الأكْتينِ والمَيُوسين قليلًا. أمّا إذا ٱستُحِثَّتِ اللُّيَيْفةُ بإشارةٍ كهربائيَّةٍ من عَصَب، فإنَّ خُيوطَ المَيُوسين تنجذِبُ نحوَ خُيوطِ الأكْتينِ فتنزلِقُ عابرةً بعضُها بعضًا؛ فتَقصُرُ اللُّيَيْفةُ العَضَليَّةُ وتتقلَّصُ العَضَلة.

لُيَيْفةٌ عَضَليَّةٌ مُنقَبِضة

لُيَيْفةٌ عَضَليَّةٌ مُسترخِية

لُويجي غَلْفاني

عالِمُ التشريحِ الإيطالي، لُويجي غَلْفاني (١٧٣٧-١٧٩٨)، اكتشفَ عَرَضًا أنَّ رِجلَي ضِفدعٍ مَيْتٍ تتقلَّصانِ عند تعليقِهما في إطارٍ حديديٍّ بدَبابيسَ نُحاسيَّة. فحسِبَ غَلْفاني أنَّ عَضَلاتِ الضِّفدعِ هي التي وَلَّدتِ الكهرباءَ التي سبَّبَتِ التقلُّص. لقد كان مُحِقًّا في ظَنِّهِ أنَّ الكهرباءَ تسبَّبتْ في تحريكِ العَضَلات؛ لكنَّ تولُّدَ الكهرباءِ، كان نتيجةَ تفاعُلِ الفِلِزَّيْنِ مَعًا. ونحن نَعْلَمُ الآنَ، أنَّ الإشاراتِ الكهربائيَّةَ في الأعصابِ هيَ التي تُسَبِّبُ انقِباضَ العَضَلات.

بَطْلينوس

خَشِنُ الصَّدَفة (كونْيسيلا سيبيلا)

إنعِقالُ العَضَل

إذا رَفَعْتَ وَزْنًا ثقيلًا، فسُرعانَ ما تَتْعَبُ ذِراعاك. لكنْ عندما تنقَبِضُ عَضَلةُ القَدَمِ في البَطْلينوس التي يتمسَّكُ بها في موقعه، فإنَّها تَنْعَقِلُ دونَما حاجةٍ إلى مَزيدٍ من الطاقةِ لِتَظَلَّ مُتَقَلِّصة، رُغمَ أنَّها تحتاجُ طاقةً لِفَكِّ الانعِقال. ولهذا ضَرْبٌ خاصٌّ من العَضَلاتِ الإراديَّةِ يُسمَّى العَضَلَ القابِضة.

لمزيد من المعلومات انظُر

الخلايا والبطاريّات ص ١٥٠
الرَّخويّات ص ٣٢٤
البَرْمائيّات ص ٣٢٨
الخلايا ص ٣٣٨
الدَّورةُ الدَّمويَّة ص ٣٤٩
الحَرَكة ص ٣٥٦
الأعصاب ص ٣٦٠

الحَرَكة

الحَرَكةُ من خصائصِ الحَياة - حتّى وأنْتَ تَجْلِسُ ساكِنًا دُونَ حَراكٍ، فإنَّ الحَرَكةَ مُستمِرَّةٌ في أجزاءٍ من جِسْمك. فالقَلْبُ يَخْفِقُ لِضَخِّ الدَّمِ حَوْلَ الجِسْم، والطعامُ يُحَرَّكُ عَبْرَ جِهازِكَ الهَضْميّ. هذا النَّوعُ مِنَ الحَرَكةِ لاإراديٌّ يتِمُّ دُونَ تَدبيرٍ مِنْك. والإنسانُ، كما سائرُ الحيواناتِ الأُخرى، يَسْتخدِمُ الحركاتِ الإراديّةَ لِتحريكِ جُزْءٍ من جِسْمه، أو لِلانتِقالِ بكامِلِ جِسْمِه من مَكانٍ إلى آخَر. وتعتمِدُ طَريقةُ تنَقُّلِ الحيَوانِ على شَكْلِ جِسْمِه وحَجْمِه ونَوعِ بيئتِه. نِسبيًّا، الحيواناتُ الصَّغيرة أَسْرَعُ تحَرُّكًا من الحيواناتِ الكبيرة لأنَّها تُوَلِّدُ قُدرةً أكثرَ بالنِّسْبةِ إلى وَزْنِها. فلو كان الصُّرصورُ بِقَدِّ الإنسان، فإنَّ سُرعتَهُ بالنِّسْبةِ المِقياسيَّةِ ذاتِها، تَبْلُغُ ١٤٠كم/ سا.

الحَرَكةُ في النَّبات

بعضُ النَّباتاتِ، كالأُقحوان، تَفْتَحُ أزهارَها معَ شُروقِ الشَّمْسِ وتُغلِقُها عند المَغيب. وتَحْدُثُ حَرَكةُ النَّوْمِ بِفِعْلِ تغَيُّراتِ الضَّغْطِ داخِلَ خلايا النَّبات. والْتِفافُ الأوراقِ النباتيّةِ، كما في البِرْسيمِ ونباتاتٍ أُخرى من فَصيلةِ البِسِلَّى، هو مَظهرٌ شائعٌ آخَرُ من مَظاهِرِ حركةِ النَّوْم.



الأُقحوان (بلِّيس بِرِنّيس) يُغْلِقُ أزهارَه عِند غُروبِ الشَّمْس.

قَوقَعُ البَساتين (هليكس أسْبِرْسا)

أثَرُ مَسارِ القَوقَع

القواقِعُ والبَزّاقُ ذاتُ قَدَمٍ أُحاديّةٍ ماصَّةٍ مُخَمَّسيّةِ الشَّكْل. القَدَمُ العضَليّةُ تتقلَّصُ تَمَوُّجيًّا فيزحَفُ الحيَوانُ قُدُمًا. ويُفرِزُ القوقعُ مُخاطًا غَرَويًّا يُمكِّنُهُ من التَّمَسُّكِ بالسُّطوحِ الخَشِنة والتَّحَرُّكِ فوقَها.

القُدْرةُ المُرونيّة

يَستطيعُ البُرغوثُ القَفْزَ إلى عُلُوٍّ يَفوقُ طُولَه ١٠٠ مَرّة، بفَضْلِ لِبْناتٍ من الرِّزْلين (بروتينٌ مَطاطيٌ يَخْتزِنُ الطاقة) في المَفاصِلِ بين رِجْلَيه وجِسْمِه. قَبْلَ كُلِّ قَفْزةٍ، تُخْتَزَنُ طاقةُ انقِباضِ العَضَلات في هذه اللِّبْناتِ، وتُطلَقُ آنيًّا عندما يَقفِزُ البُرغوثُ، نافِضةً رِجْلَيه إلى الخلف فَجأةً، وقاذِفةً إيّاهُ في الهَواء.

التَّمعُّج

نحنُ نَبْلَعُ لُقَمَ الطّعامِ إراديًّا بتَقلُّصِ عَضلاتٍ في مُؤَخَّرةِ الفَم. أمّا حركَتُها في المَريءِ وسائرِ قناةِ الهَضْم، فتجري لاإراديًّا بالتَّمعُّج. ويتِمُّ ذلك بانقباضِ العَضَلاتِ دَوريًّا لِدَفْعِ مُحتوياتِ القناةِ الهَضْميّةِ على امتِدادِها ومَزْجِها بالعُصاراتِ الهاضِمة.

تتقبَّضُ العضلاتُ دَوريًّا فتُخَصِّرُ المَريءَ وتدفَعُ الطَّعامَ قُدُمًا.

بُلْعَةٌ من الطَّعام

يَحْدُثُ التَّمعُّجُ عَكْسيًّا عندما ترفُضُ المَعِدةُ الطعامَ فيحصُلُ القَيْء.

العَفْرَةُ حرَكةٌ واعيةٌ بَطيئةٌ نِسْبيًّا، أمّا الطَّرْفةُ فحرَكةٌ تِلقائيّةٌ سَريعةٌ جدًّا تُنظِّفُ المُقْلَتَيْن، وتحمي العَيْن.



تَعابيرُ الوَجْه

التعابيرُ الوَجْهيّةُ، كالذُّهولِ أو الابتِسام، هي حركاتٌ دقيقةٌ إراديّةٌ يُشارِكُ بها أكثرُ من ٣٠ عضَلةً مُختلِفة. ورُغْمَ أنّها إراديّةٌ، فإنّا نقومُ بها غالبًا دُونَ تَفكير.

السَّيْرُ على أرْجُل

ذَواتُ الأرْجُلِ من الحيواناتِ تُحرِّكُ أرْجُلَها بنَسَقٍ مُعيَّن. فالإنسانُ يُحرِّكُ رِجْلَيه بالتناوُب. ويَسيرُ الفَهْدُ بتحريكِ الرِّجْلِ الأماميّةِ اليُمنى مع الرِّجْلِ الخَلفيّةِ اليُسْرى، ثُمّ الأماميّةِ اليُسْرى مع الخَلفيّةِ اليُمنى على التوالي. لكنّه في العَدْوِ السَّريعِ يُحرِّكُ رِجلَيه الأماميّتَيْنِ معًا ثمّ الخلفيّتَيْنِ معًا.



الفَهْدُ (اسينونيكس جوباتوس) أسْرَعُ الحيواناتِ البَرّيّة. فقد تَبلُغُ سُرعتُه حوالى ١١٠كم/سا بقَفَزاتٍ سريعةٍ طَويلة (حوالى ٧ أمتار).

تَمتَدُّ أرْجُلُ الفَهْدِ بالكامِلِ حتّى تكادُ تكونُ أُفقيّةً، ويتقَوَّسُ عمودُه الفِقْريُّ سفليًّا. فهيكلُ الفَهْدِ ذو مُرونةٍ غيرِ عاديّة.

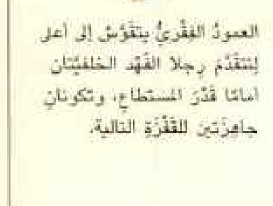
يترجَّحُ ذَيْلُ الفَهْد صُعودًا ونُزولًا لِموازَنةِ حركةِ أرجُلِه.

العمودُ الفِقْريُّ يتقَوَّسُ إلى أعلى لِتتقدَّمَ رِجلا الفَهْدِ الخلفيّتان أمامًا قَدْرَ المستطاع، وتكونانِ جاهِزتَيْنِ للقَفْزةِ التالية.

التَّحرُّكُ بدون أرْجُل

تتحرَّكُ الحيّاتُ بِطُرُقٍ أربعٍ مُختلِفة. في الطريقةِ الأكثرِ شُيوعًا، تتحوّى الحيّةُ بحرَكةٍ ثُعبانيّة، وتَشُدُّ الحوايا على الأرضِ فتندفِعُ الأفعى قُدُمًا. في الأماكنِ الضّيِّقة، تُثبِّتُ الأفعى ذَيْلَها في الأرض، وتَمُدُّ جِسْمَها إلى الأمام، ثمّ يتبعُه الذَّيْلُ بحرَكةٍ تمَوُّجيّةٍ طوليّةٍ (أكوردِيونيّة). أمّا الحيّاتُ الثقيلةُ فتزحَفُ في خطٍّ مُستقيم، برَفْعِ وخَفْضِ حَراشِفِ بُطونِها. وتتحرَّكُ بعضُ الحيّاتِ (الرمليّةُ الموطنِ بخاصّة) بحرَكةِ تلوٍّ جانبيّ؛ فتَقذِفُ لِيّاتٍ من الجِسْمِ إلى الأمام وتتبعُها بقيّةُ الجِسْم.

تتحرَّكُ هذه الحيّةُ غيرُ السامّةِ الصَّفراويّةُ التخطّط (ثَمنوبِس سِرتالس) بتمعُّجٍ أُفعواني.



الطَّيرانُ والسِّباحة

الطَّيرانُ والسِّباحة وَسيلَتا الحَرَكةِ عَبْرَ مائعَيْنِ مُختلِفَيْنِ تمامًا. تَطيرُ الحيواناتُ أو تَسْبَحُ بِدَفْعِ المائعِ إلى الخَلْف، فتَندَفِعُ هي بِقُوَّةِ رَدِّ الفِعْلِ في الاتِّجاه المُعاكِس - إلى الأمام. إنَّ كَثافةَ الجِسْمِ في مُعظمِ الحيواناتِ السّابحةِ مُساوٍ تقريبًا لِكثافةِ الماءِ حَولَها فلا ترتفِعُ ولا تغُوص. أمّا في الحيوانات الطيّارة فالجِسْمُ أكثفُ من الهواء بكثير؛ فلا بُدَّ لها من استخدام أجنحتِها في تحليقِها كما في تحرُّكِها.

القَطْرَس

الرَّفْعُ يَدفَعُ إلى أعلى

الجاذبيَّةُ تشُدُّ إلى أسفل

الطيرانُ الخَفّاق

يُرَفرِفُ الطائرُ جَناحَيه سُفْلًا وخَلْفًا لِينطلِقَ في الهواء؛ وبانطلاقه يتولَّدُ الرَّفْعُ بِسَريانِ الهواء فوق جَناحَيه، فيبقى مُرتفِعًا. وإذا توَقَّفَ الطائرُ عن الرَّفْرفةِ تَباطأ سُرعَتُه فيتناقَصُ الرَّفْعُ ويبدأُ بالهُبوط. تستخدِمُ الطيورُ الطيرانَ الخفّاقَ لِلانطلاقِ بِسُرعةٍ أو لاتِّخاذِ اتِّجاهٍ مُعَيَّن.

٥. الجَناحانِ جاهِزانِ لِيُشدّا سُفْلًا بواسطةِ عَضَلاتٍ قويّةٍ في صَدْرِ الطائر.

الطيرانُ الانسيابيُّ

جَناحُ الطائر، مُبسَّطًا، أشبهُ بِسَطحٍ انسيابٍ رافِع، يتلَقّى دَفْعًا من أسفلَ إلى أعلى عندما يَسْري الهواءُ من فوقِه. أثناءَ طيرانِه الانسيابي، تشُدُّ الجاذبيّةُ الطائرَ سُفْلًا، والرَّفْعُ يدفعُه صُعُدًا. تعمَدُ الطيورُ إلى الطيرانِ الانسيابيِّ لتقطعَ مسافاتٍ طويلةً بجُهْدٍ قليل، بخاصّةٍ في الهواءِ الدافئِ الصاعِد.

يستخدِمُ كَلْبُ البَحْرِ زِعنِفَتَيه الصَّدريَّتَيْنِ لِتغييرِ اتِّجاهِ جِسْمِه أثناءَ السِّباحة.

٤. يَبْدأُ الجناحانِ التَّحرُّكَ صُعُدًا مَرّةً أُخرى، يُقاوِمُ الرَّفْعُ الجاذبيّةَ فيَبْقى الطائرُ عاليًا أثناءَ الطيران.

التوجيهُ أثناءَ الطَّيران

كثيرٌ من الحَشَراتِ الطيّارة لها زَوجانِ من الأجنحة. أمّا الطِّيثارُ (النوع تِيبولا) وذُبابُ المنازلِ فلها زوجٌ واحدٌ فقط. وقد تطوَّرَ الجَناحانِ الخَلفيّانِ إلى عُضوَينِ دقيقَينِ دَبُّوسِيَّيْنِ يُعرَفانِ بدَبُّوسَي التوازُن. فهُما، بِتذَبْذُبِهما أثناءَ الطيران، يُنتِجانِ إشاراتٍ عَصَبيّةً تُبقي الحشرةَ في مَسارِها المُحَدَّد.

دَبُّوسا التوازُنِ يُساعِدانِ الذُّبابةَ الطِّيثاريّةَ في الحِفاظِ على توازُنِها أثناءَ الطيران.

السِّباحة

تَسبَحُ السمكةُ بدَفْعِ الماءِ بِزَعانفِها أو بكامِلِ جِسْمِها. الأسماكُ الغُضروفيّةُ في مُعظمِها، كَكَلْبِ البَحرِ هذا، تَثْني أجْسامَها في السِّباحة. أمّا الأسماكُ العَظْميّةُ، كالسَّمكِ الذَّهبيِّ (سَمكِ المَرابي المائيّة) فتندفِعُ غالبًا بالذَّيْلِ والزَّعانفِ الصدريّةِ فقط، مُستخدِمةً الزَّعانفَ الأُخرى لِلتَّوجيه. بعضُ الأسماكِ كالتُّونةِ والأَسْقُمْريِّ مُزَوَّدةٌ بمجموعاتٍ عَضَليّةٍ خاصّةٍ تَستخدِمُها في السُّرعاتِ المُفاجِئة.

زِعنِفةٌ حَوضيّة

زِعنِفةُ الذَّيْل

٣. خِلالَ خَفْقةِ الهُبوط، يَدفَعُ الجناحانِ الهواءَ سُفْلًا وإلى الخَلْف.

الدَّفْعُ النَّفّاث

يَحْوي جِسْمُ الحَبّارِ الكبير (السَّبيدَج) تجويفًا مَليئًا بالماءِ عادةً. يستطيعُ الحَبّارُ تقليصَ هذا التجويفِ بِسُرعةٍ فائقة فيَنْبجِسُ الماءُ خارجًا عَبْرَ مَنْفَثٍ مُتَّجِه. وباندفاقِ الماءِ عَبْرَ هذا المَنْفَثِ، يندفِعُ الحبّارُ في الاتّجاهِ المُضادّ. ويُغيِّرُ الحبّارُ اتّجاهَه بتَغييرِ مَوْقعِ مَنْفَثِه. وبطريقةِ الدفعِ النفّاثِ هذه تتحرّكُ الأخطُبوطاتُ والسَّبيدَجاتُ الأُخرى.

٢. في خَفْقةِ الصُّعود، يَرْفَعُ الطائرُ جَناحَيه حتّى يكادا يَتَماسّان.

٣. يدفَعُ ذَيْلُ كَلْبِ البَحْرِ وجِسْمُه الماءَ إلى الخلفِ فيندفِعُ هُوَ بِقُوَّةِ رَدِّ الفِعْلِ إلى الأمام.

١. جِسْمُ اليَمامةِ مَشيقٌ يُخَفِّضُ الاحتكاكَ بالهواءِ أثناءَ الطيران.

التَّنَقُّلُ الهُدّابيّ

الهُلاميّاتُ المِشطيّةُ المُكَوَّرةُ الجَوفِ عديمةُ الأرجُلِ والزَّعانِف. وهي تنتقلُ بِخَفْقِ هُدّاباتٍ شَعريّةٍ مِشطيّةِ النَّسَقِ تعمَلُ كالمجاذيف. وهي تَستخدِمُ هذه الهُدبَ أيضًا لِلطَّفْوِ قائمةً على مَقْرُبةٍ من سَطحِ الماء.

تَستخدِمُ الهُلاميّاتُ المِشطيّةُ المُكَوَّرةُ الجوفِ هُدُبَها لِلتنقُّل؛ كما تُساعِدُها الهُدُبُ على مَجَسّاتِها في التِقاطِ الجُسَيماتِ الغِذائيّة.

الطَّيرانُ الخَفّاق

السِّباحة

لمزيد من المعلومات انْظر

السُّرعة ص ١١٨
القُوى والحَركة ص ١٢٠
الرَّخويّات ص ٣٢٤
الأسماك ص ٣٢٦
الزّواحِف ص ٣٣٠
الطُّيور ص ٣٣٢
الهَضْم ص ٣٤٥
العَضَلات ص ٣٥٥

اللّاطِئات

البَرْنَقيل من القِشْريّاتِ البَحريّةِ الهُدّابيّةِ الأرجُلِ يلتصِقُ بالسُّطوحِ الصُّلبةِ ويغتذي بِقِطَعِ الغِذاءِ التي تَجمَعُها أرجُلُه الرِّيشيّةُ الضّاربةُ في الماء. تقضي البَرْنَقيلاتُ كامِلَ حياتِها في مكانٍ واحدٍ كسائرِ الحيواناتِ اللّاطِئة، لكنَّ يَرَقاناتِها تَتنقَّلُ سابحةً أو مُنجرِفةً من مكانٍ إلى آخَر.

١. يُقلِّصُ كَلْبُ البَحرِ السّابحُ العَضَلاتِ في جانبَي الجِسْمِ مُداوَرةً، فيَنثَني الجِسْمُ من جانبٍ لآخَر.

الحَواسّ

الحَواسُّ هي نوافِذُنا على العالَم من حَولنا - فَكُلُّ ما يَعرِفُه الشَّخصُ عن بيئتِه يأتيهِ عن طريقِ عَينَيه (البَصر) وأُذُنَيه (السَّمع) وأنفِه (الشَّمّ) ولِسانِه (الذَّوق) وجِلْدِه (اللَّمْس) - إضافَةً إلى حِسِّهِ الداخليِّ الأحشائيِّ الذي يُشعِرُهُ بالجُوعِ أو العطشِ أو المَغْصِ مَثلًا. فأعضاءُ الحِسِّ على اختِلافها، تُرسِلُ دَفْقًا من المَعلومات عَبْرَ الأعصابِ إلى الدِّماغ، الذي يتلَقَّى الإشاراتِ ويَرُدُّ بالإستِجابةِ المُناسِبةِ لها. وتعتمِدُ الحيواناتُ المُختلِفةُ على حواسَّ مُختلِفةٍ تَبَعًا لِطرائقِ حَياتها. فبَعضُها، كالقِطَط، يَتميَّزُ ببَصَر ثاقِبٍ وسَمْعٍ مُرْهَفٍ؛ في حِينِ تتميَّزُ حيواناتٌ أُخرى، كالكِلاب، بحاسَّةِ شَمٍّ حادَّة. هذا وتَتعرَّفُ بعضُ الحيواناتِ مُحيطَها بإحساساتِ الضَّغْطِ والحَرارة وحتّى الكهرباء.



جُملة حَواسّ

يتكلَّمُ الناسُ في العادة عن حَواسَّ خَمْس. والواقِعُ أنَّ الحواسَّ أكثَرُ من ذلك بكثير؛ فاللَّمْسُ وَحْدَه يَشمَلُ عِدَّةَ حَواسّ - إذ إنَّ نِهاياتِ الأعصابِ الخاصَّةِ في الجِلْدِ حسّاسَةٌ لِلضغطِ والألَمِ والحرارةِ والبُرودة. كما إنَّكَ تُحِسُّ بمواقِعِ ذِراعَيكَ ورِجْلَيك وأوضاعِها - إضافةً إلى حِسِّ التوازُنِ الذي يُبقيكَ مُنتصِبًا.

الكُلَبُ الهُلْبيَّة

في الظُّلْمَة، قد تدورُ في المَنزِل مادًّا ذِراعَيكَ أمامَكَ لتتحسَّسَ طريقَك. والحيواناتُ الأخرى، كهذا الشَّيْهَمِ القُنْبُرانيِّ (هِسْترِكْس أفريكوسترالِس)، تتحسَّسُ طريقَها بِكُلَبِها الهُلْبيَّة - وهي شَعْراتٌ جاسِئةٌ طويلةٌ في مُقَدَّمةِ رأسِ الحيوانِ تعمَلُ كعُضوٍ لَمْسِيٍّ يتحسَّسُ العَوائقَ في طريقِ الحيوانِ قَبْلَ الارْتِطامِ بها.

خَطٌّ جانِبيٌّ على جانِبَي الكُهَيراء

الإحْساسُ بالحَرَكةِ والضَّغْط

الكَثيرُ من أعضاءِ الحِسِّ قادِرٌ على اكتِشافِ الحَرَكةِ والضَّغْط - لَمْسًا أو صَوتًا أو ذَبْذَبات. فجِسْمُ الجُنْدُبِ في مُعظَمِه حسّاسٌ لِلَّمْس، وبه أيضًا خَلايا حسّاسةٌ للذَّبْذَباتِ في الأرض، فتُنْذِرُه لِيَقْفِزَ مُبتَعِدًا من طريقِ حيوانٍ دانٍ. والصَّوتُ شَكلٌ آخَرُ من أشكالِ الضغْط يتحسَّسُهُ الجُنْدُبُ عَبْرَ أُذُنَيه.

قَرْنا الاستِشعار حسّاسانِ لِلَّمْسِ وللكيماويّاتِ في الهواء.

الخَطُّ الجانبيّ

يوجَدُ في الكثيرِ من الأسماكِ خَطٌّ من الخَلايا الحسّاسةِ على جانِبَي الجِسْم يُدعى الخَطَّ الجانبيَّ - من وظائفِه اكتشافُ التموُّجاتِ الضغطيَّةِ المُنتَقِلةِ عَبْرَ الماءِ وتحسُّسُ حَرَكةِ الحيواناتِ الأُخرى من حَوْلِها.

الإحْساسُ بالضَّوء

عَيْنا الجُنْدُبِ مُعقَّدَتا التركيب تتألَّفُ واحِدتُهما من عُيَيْناتٍ مُتَعدِّدةٍ مُستقِلَّةِ العَدَسات، فتُنتِجُ صُوَرًا دقيقةً فُسَيْفِسائيَّةَ النَّمط يُوَحِّدُها الجُنْدُبُ لِيرى العالَمَ من حَوْلِه. أمّا عَيْنا الإنسانِ فتَعمَلانِ بطَريقةٍ مُختَلِفة. فكُلُّ عَينٍ تحوي عَدَسةً واحدةً تُرَكِّزُ الضَّوءَ على سِتارةٍ مُقَوَّسةٍ من الخلايا العصبيَّةِ الحسّاسةِ لِلضوء (تُدعى الشَّبَكيَّة) فتُكَوِّنُ صُورةً واحدةً فقط.

قد تتواجَدُ طَبْلَتا أُذُنَي الجُنْدُبِ على جانِبَي البَطْن، أو على القِسْمِ السُّفليِّ من الرِّجلَيْن.

خَلايا حسّاسةٌ حَوْلَ المَفاصِلِ بين صَفائحِ الجِسْم.

الإحْساسُ بالصَّوت

أُذُنُ الجُنْدُبِ تتألَّفُ من طَبْلةٍ مُسطَّحةٍ على الغِطاءِ القِشْريّ، وخَلْفَها حُجَيْرةٌ يَملؤُها الهواء. عِندما تُذَبْذِبُ الأمواجُ الصوتيَّةُ الطَّبْلَة، تتحسَّسُ الخلايا المُتَّصِلةُ بها تِلكَ الذَّبْذَبات وتُرسِلُ إشاراتٍ بها إلى الدِّماغ. أمّا الحَشَراتُ الصغيرةُ، كالذُّبابِ الصغيرةِ والبَعُوض، فتَستطيعُ كَشْفَ الصَّوتِ بِقَرْنَي الاستِشعارِ لَدَيها.

مِجَسّاتُ الحِسِّ الجَسَديَّة

ترتبِطُ الصَّفائحُ الصُّلْبةُ حَوْلَ جِسْمِ الجُنْدُبِ بمَفاصِلَ مَرِنَة. وكُلُّ مَفصِلٍ مُزَوَّدٌ بخَلايا خاصَّةٍ على كِلا جانِبَيه؛ وهي إمّا مُنضَمَّةٌ أو مُنبَسِطة، تَبَعًا لِوَضْعِ المَفصِل. هذه الخَلايا تُرسِلُ إشاراتٍ إلى الدِّماغ، يتحسَّسُ الجُنْدُبُ بواسِطتِها وَضْعيَّةَ جِسْمِه. ولدى الجُنْدُبِ أيضًا، كَكُلِّ الحيواناتِ تقريبًا، خَلايا أُخرى تَكتشِفُ شَدَّ الجاذبيَّةِ يَستَبينُ بها الاتِّجاهَ إلى فوق.

أُذُنُ الإنسان

الأُذُنُ الخارجيَّةُ في الإنسانِ تُوَجِّهُ الأمواجَ الصَّوتيَّةَ إلى الطَّبْلَةِ فتَجعَلُها تَتَذَبذَب. فتَنقُلُ العُظَيماتُ الثلاثُ الدقيقةُ في الأُذُنِ الوُسطى الذَّبْذَبةَ إلى القَوقَعة، التي تحوي سائلًا وخَلايا ذاتَ شُعَيراتٍ خاصَّة. فتَنتَقِلُ الذَّبْذَباتُ عَبْرَ السائلِ مُحَرِّكةً الشُّعَيرات، ومُنَبِّهَةً الخلايا العَصَبيَّة لإرسالِ إشاراتٍ إلى الدِّماغ. والدِّماغُ يُحيلُها أصواتًا يُمكِنُ سَماعُها.

الأُذُنُ الخارجيَّة

الأُذُنُ الوُسْطى

عُظَيماتُ الأُذُن

طَبْلَةُ الأُذُن

القَنَواتُ النِّصْفُ الدائريَّةُ في الإنسانِ تَحفَظُ تَوازُنَه.

القَوْقَعة

الأُذُنُ الداخليَّة

الذّوقُ والشّمّ

تَستخدِمُ الحيواناتُ حاسّتَي الذّوقِ والشّمِّ لِكَشْفِ الكيماويّات. فعندما تَذوقُ شيئًا تتأثّرُ مَجموعاتٌ من الخلايا المُهَدّبةِ على اللّسانِ، تُدعى حُلَيْماتِ الذّوقِ، بالكيماويّاتِ المُذابةِ في الماءِ أو اللُّعابِ وتُرْسِلُ إشاراتٍ عَصبيةً بها إلى الدّماغ. وكذلك حين تَشُمُّ تتأثّرُ خلايا في أعلى الأنفِ بالكيماويّاتِ المُذابةِ في بِطانةِ الأنفِ الرّطْبة. حُلَيْماتُ الذّوقِ حسّاسةٌ لِطُعومِ الحُلْوِ والمُرِّ والحامضِ والمالحِ فقط. أمّا النّكهاتُ والمَذاقاتُ المُتعدّدةُ الأخرى فهي مَزيجٌ من هذه المَذاقاتِ الأربعة. حاسّتا الذّوقِ والشّمِّ مُترابطتانِ تُتمّمانِ بعضَهما، لِذا يتعذّرُ على المَزكومِ تمييزُ نَكهاتِ الأطعمةِ المُتقارِبة.

الشّمّ

بعضُ الحيواناتِ تَستخدِمُ الروائحَ لِلتّفاهُمِ إرسالًا واستقبالًا. فتترُكُ الكِلابُ، مثلًا، روائحَها لِتُحدّدَ مَناطقَ نفوذِها، أو لِتُشعِرَ الكِلابَ الأخرى بوُجودِها. وهي تَستخدِمُ حاسّةَ الشّمِّ لاستيعابِ «صُورةٍ» عن العالَمِ من حَوْلِها.

الذّوق

حُلَيْماتُ الذّوقِ المُختلفةُ على لِسانِ الحيوانِ تتحسّسُ المَذاقاتِ المُختلفةَ كالحُلوِ والحامضِ. وتُمكّنُ حاسّةُ الذّوقِ الحيوانَ من تقريرِ ما إذا كان الشيءُ صالحًا للأكلِ أم لا، فيَختارُ المُلائمَ من الأطعمةِ ويتجنّبُ الضّارَّ أو السّامَّ منها.

تتواجدُ مُعظمُ حُلَيْماتِ الذّوقِ في تُلَمٍ دقيقةٍ على سطحِ اللّسانِ.

أفعى (ڤَيْبرابيرُس)

عُضوُ جاكوبسُون

تتحسّسُ الحيّةُ الرّوائحَ المُختلفةَ في نُقْرةٍ في سَقْفِ الفمِ تُدعى عُضوَ جاكوبسُون. تُلوّحُ الأفعى بلِسانِها لِتلقُّطِ الكيماويّاتِ من الهواءِ، ثمّ تضغطُ طرفَ لِسانِها المَشقوقَ في عُضوِ جاكوبسُون، المُبطّنِ بخلايا خاصّةٍ تتبيّنُ الكيماويّاتِ المُلتقَطةَ من الهواء.

عُضوُ جاكوبسُون

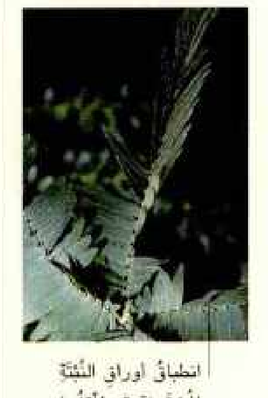
تقديرُ المَسافات

الكثيرُ من الحيواناتِ، بما فيها الإنسانُ، تُبصِرُ بالعَيْنَين مِمّا يُتيحُ لها تقديرَ المَسافات، لأنّ العَيْنَينِ الأماميّتَي التوجُّهِ تُكوّنانِ صُورتَينِ مُختلفتَينِ قليلًا للجسمِ ذاتِه. هذا العنكبُ القفّازُ الضّئيلُ القَدِّ (لِيسُومانِز ڤيريديس) له أربعةُ أزواجٍ من العُيونِ الكبيرة، بعضُها يتّجهُ جانبيًّا. لكنّ زوجًا منها أماميُّ التّوجُّه، فيُمكّنُ العنكبَ من تقديرِ بُعْدِ الفريسةِ قبلَ القفزِ لالتقاطِها.

الحِسُّ في النّبات

لَيسَ لِلنّباتاتِ أعضاءُ حِسٍّ خاصّةٌ، لكنّها تستطيعُ الاستجابةَ للبيئةِ حولَها. فجميعُ النباتاتِ حسّاسةٌ لِلضّوءِ والجاذبيّة، وبعضُها يتحسّسُ أيضًا الأجسامَ المُجاوِرة. فالنّبْتةُ المُستحِيَةُ (ميموزا بوديكا) مَثَلٌ جيّدٌ على هذه الاستجابةِ إذْ سُرعانَ ما تَنطبِقُ أوراقُها عندما تُمَسُّ.

و«تُحِسُّ» عَنَمُ النّباتاتِ المُعترِشةِ الأشياءَ، فتستجيبُ بتعليقِ النّبتةِ بالالتفافِ حَوْلَ الدِّعامةِ التي تمسُّها.



انطباقُ أوراقِ النّبتةِ المُستحِيَةِ قد يُنْقِذُها من أنْ تُؤكَل.

عَنَمُ (أو مَعاليقُ) المُعترِشات، كنَبْتةِ البسلّةِ هذه، هي أوراقٌ مُحوّرةٌ خيوطًا للتعلُّق.



المَجالاتُ الكَهْربائيّة

الإبصارُ في المياهِ المُوحِلةِ مُتعذّرٌ لِلغاية. بَعْضُ الأسماكِ من نوعِ جِنَّاركوس نِيلوتيكوس، تستخدِمُ مجالًا كهربيًّا، تُوَلّدُه حَوْلَها عضلاتٌ خاصّةٌ فيها. فإذا ما اضطربَ المَجالُ، تستطيعُ السّمَكةُ تَعرُّفَ المُسبِّبِ، حَجْمًا ومَوقعًا.

اجتِذابُ القَرين

قرْنا الاستشعارِ في جُعَلِ الجراجِ يَنتشِرانِ كالمِرْوَحة.

إناثُ الحشراتِ غالبًا ما تُعرِّفُ الذّكورَ بمواقعِها بإبثعاث كمّيّاتٍ ضئيلةٍ من الكيماويّات، تدعى الفيرومُونات، تنتشرُ في الهواء. ولمّا كانت ذُكورُ النّوعِ حسّاسةً لِهذه الفيرومُونات، فإنّها تتتبّعُ مَصادِرَها لإيجادِ الإناثِ والتزاوُج. ويتحسّسُ الذّكرُ من جُعَلِ الجراجِ (مِلُونثا مِلُونثا) فيرومُوناتِ الإناثِ بقرنَي استشعارِه المُرْيَشَين.

لمزيدٍ من المعلوماتِ انظُر

الأعْصاب

حينما تتناوَلُ هٰذه المَوسوعةَ لِتقرأ، تَحْصُل أشياءٌ كثيرةٌ بِسُرعةٍ فائِقة. فذِراعاكَ تتهايَآن لِحَمْل الكِتابِ ورَفعِه بالقُوّةِ المناسِبة. وتنْقَبِضُ عَضَلاتُ ظَهرِكَ حتّى لا يَسْقُطَ جِسْمُكَ إلى الأمام، كما تتكيَّفُ عضلاتُ عَيْنَيْكَ لِلتركيز على الصَّفحاتِ أمامَك. وكُلُّ هٰذه التَّرتيباتِ تَتِمُّ بفَضْلِ الأعْصاب. تتألَّفُ الأعصابُ من حُزَمٍ طَويلةٍ من الخَلايا الرَّفيعة، تُدعى العَصَبُونات، تَنْقُلُ الإشارات الكهربيَّةَ بِسُرعةٍ: فالعَصَبُونات الحِسِّيَّةُ تَنْقُلُ الإشاراتِ من مُختلفِ أجزاءِ الجِسْم إلى الدِّماغ أو إلى النُّخاع الشَّوكيّ. والعَصَبُوناتُ المُحرِّكةُ تَنْقُلُ الإشاراتِ من الدِّماغ أو النُّخاع الشَّوكيّ إلى العَضَلاتِ لِجَعْلها تَنْقَبِضُ. ويَرْبُطُ بين هٰذين الضَّرْبينِ من الخلايا عَصَبُوناتٌ مُختلِفةٌ رابِطة، إرسالًا واستِجابةً، تَبعَثُ الرَّسائلَ إلى الدِّماغ وتُعيدُ الدَّفَعاتِ العَصَبيَّةَ إلى العَصَبُونات المُحرِّكة.

إذا تأذّى إصْبَعُكَ بِشَوكةٍ أو شيءٍ ساخِنٍ تَنْتَقِلُ الإشاراتُ إلى النُّخاع الشَّوكيّ، لا إلى الدِّماغ، مِنْ أجْلِ رَدِّ فِعْلٍ فائقِ السُّرعة.

١. يُثيرُ الألمُ العَصَبُونَ الحِسّيَّ لِيَبْعَثَ إشارةً.

٢. تَنْطَلِقُ الإشارةُ على طُولِ مِحْوارِ (لِيفة) العَصَبُون. والمِحْوارُ أرفعُ بكثيرٍ من الشَّعْرة، لكنّه قد يكونُ طويلًا جدًّا؛ كالمحاويرِ المُمْتَدّةِ على طُولِ الذِّراعَيْن أو الرِّجْلَيْن.

٣. تَنْتَقِلُ الإشارةُ إلى عَصَبُونٍ رَبْطٍ في النُّخاعِ الشَّوكيّ.

٤. يُمَرِّرُ عَصَبُونُ الرَّبْطِ الإشارةَ عَبْرَ مَشْبَكٍ (تماسّ) إلى عَصَبُونٍ مُحرِّك.

٥. العَصَبُونُ المُحرِّكُ يُقلِّصُ العَضَلات، فتَبْتَعِدُ اليَدُ عن مَصْدَرِ الألم.

تَصِلُ الإشارةُ إلى عَصَبُونِ الرَّبْطِ قافِزةً عَبْرَ أحَدِ المَشابِك.

جِسْمُ الخَلِيّة في عَصَبُونٍ حِسّيّ

جِسْمُ الخَلِيّة في عَصَبُونٍ رَبْط

جِسْمُ الخَلِيّة في عَصَبُونٍ مُحرِّك



كيفَ تَعْمَلُ الأعصاب

في جِهازِكَ العَصَبيِّ ثلاثةُ ضُروبٍ من العَصَبُونات (الخلايا العصبيّة). فإذا لَمَسْتَ شيئًا مُؤلِمًا، يتحسَّسُ الألَمَ عَصَبُونٌ حِسّيّ؛ فيُبْرِقُ هذا إشارةً كهربيّةً إلى عَصَبُونٍ رَبْطٍ في النُّخاعِ الشَّوكيّ. وبِدَوْرِه يُمرِّرُ عَصَبُونُ الرَّبْطِ الإشارةَ إلى واحِدٍ أو أكثَرَ من العَصَبُوناتِ المُحرِّكة، فتُبْعِدُ هٰذه يَدَكَ عن مَصدرِ الألَم. ويدعى هذا الضَّرْبُ من رَدِّ الفِعْلِ الفائقِ السُّرعة مُنْعَكَسًا.

الجُمْلةُ العَصَبيَّةُ في الإنسان

تتألَّفُ الجُمْلةُ العصبيّةُ في الإنسانِ من الجِهازِ العَصَبيِّ المَرْكَزيِّ (النُّخاع الشَّوكي والدِّماغ) والأعصابِ المُحيطيّة. ويَنْسُقُ الدِّماغُ كُلَّ ما يَقومُ به الجِسْم. بَعْضُ الجُمْلَةِ العصبيّةِ إراديٌّ يُمكِنُ التَّحكُّمُ به، والباقي يَعْمَلُ تِلْقائيًّا، بحَيْثُ يَنْتَظِمُ عَمَلُ الجِسْمِ سَلِسًا دُونَ تَدخُّلِك.

الدِّماغ

النُّخاع الشَّوكيّ

المَيَلين (النُّخاعين)

بعضُ العَصَبُونات يَلُفُّها غِمْدٌ دُهنيٌّ يُدعى المَيَلين أو النُّخاعين، يَزيدُ من سُرعةِ انتقالِ الإشاراتِ العَصَبيّة فيها؛ ويَمْنَعُ شُرودَ إشاراتِ العَصَبُون الكهربيّة - كما العازِلُ اللدائنيُّ حَوْلَ سِلْكٍ كهربائيّ. وتُخلِّقُ المَيَلينَ خلايا خاصّةٌ تَلتفُّ حَوْل المِحوار تُسمّى خلايا شْفان.

غِمْدٌ نُخاعينيّ حولَ المِحوار

الشَّبكاتُ العَصَبيَّة

أعصابُ الدُّودةِ المُسطَّحةِ تَنْتَشِرُ عَبْرَ جِسْمِها في شَبكةٍ مُترابِطة. وتَبْعَثُ الأعصابُ إشاراتٍ تجعلُ جِسْمَها يتقلَّصُ مَوْجيًّا فيُمكِّنُها السِّباحة.

الجِهازُ العَصَبيُّ في الدُّودةِ المُسطَّحة

دُودةٌ مُسطَّحةٌ مُتوازيةُ التخطُّط (پروشثيسرايوس ڤيتّاتوس)

أعْصابُ الحَشَرات

الجُمْلَةُ العَصَبيّةُ في الحَشَرات أبسَطُ منها في الحيواناتِ العُليا. فتتألَّفُ من دِماغٍ وتجمُّعاتٍ من العَصَبُونات، تُعرَفُ بالعُقَدِ العصبيّة، يَترابَطُ بعضُها مع بعضٍ بواسطةِ صُفوفٍ من الألياف العَصَبيّة.

الدِّماغ

عُقَدٌ عَصَبيّةٌ

الجِهازُ العَصَبيُّ في الجُنْدُب

جُنْدُبة (جرادة)

الأعْصابُ العِملاقة

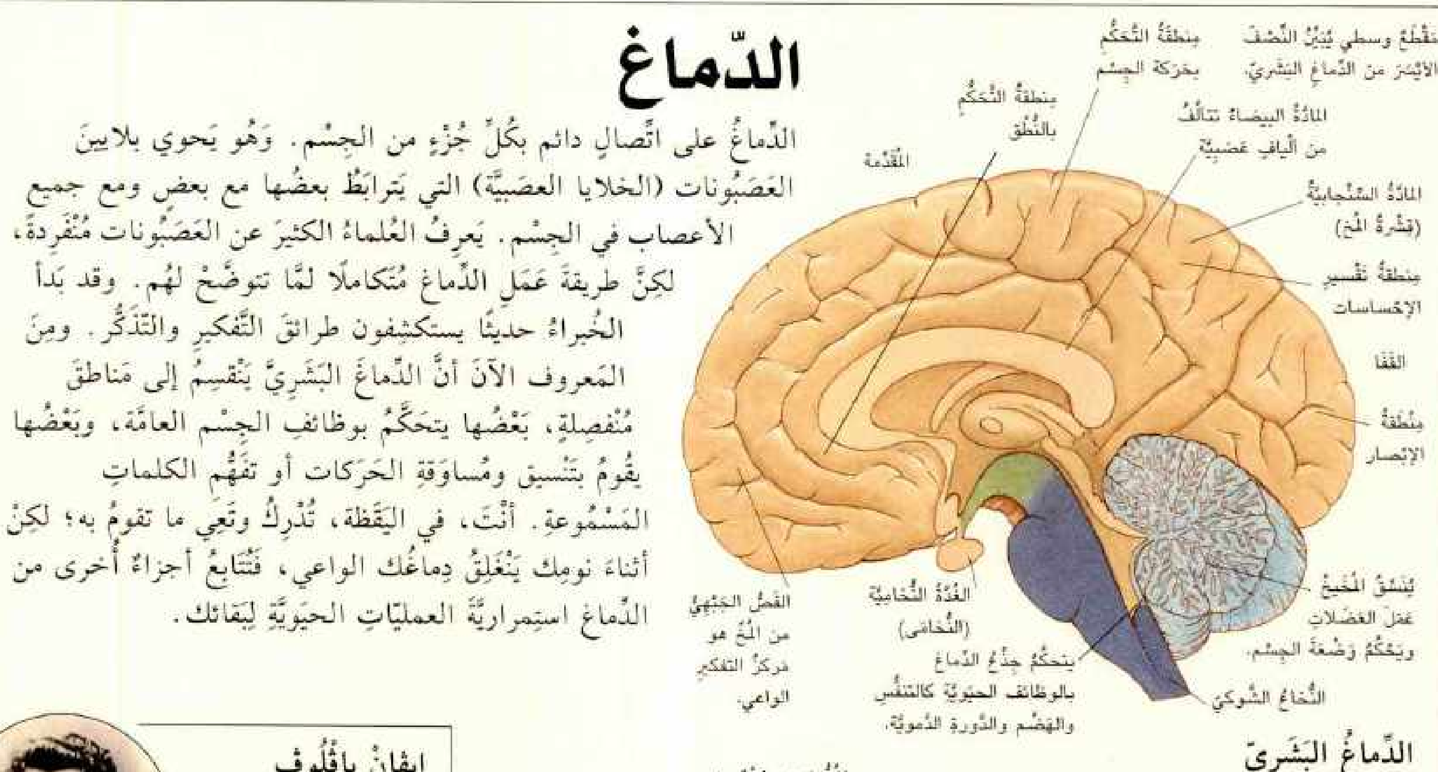
دُودةُ الأرض (الخُرْطون) مُجهَّزةٌ بعَصَبُوناتٍ عِملاقةٍ خاصّة تمتدُّ مِن الذَّيْلِ إلى الرأس، وتَنقُلُ الإشاراتِ بسُرعةٍ تَزيدُ ٥٠ مَرّةً عنها في بقيّةِ الأعصاب. فإذا نَقَرَ طائرٌ ذَيْلَ الدُّودة، تَنْطَلِقُ الإشاراتُ مُسرِعةً على طُولِ الأعصابِ العِملاقة، فتَنْقَبِضُ الدُّودةُ تَوًّا.

المَشابِك

تَلْتقي العَصَبُوناتُ في فَجَواتٍ دقيقةٍ تُدعى المَشابِكَ تَقفِزُ عَبْرَها الإشاراتُ الكهربيّةُ في اتِّجاهٍ واحِد. بعضُ العَصَبُونات يُمرِّرُ الإشارةَ حالَ استقبالِها بينما أُخَرُ تَنتظِرُ وُصولَ عَدَدٍ من الإشاراتِ قبلَ انبعاثِ دَفْعَةٍ عصبيّةٍ منها.

لمزيد من المعلومات انْظُر

الدِّيدان ص ٣٢١
المَفْصِليّات ص ٣٢٢
البِيئةُ الباطنيّة (في الأحياء) ص ٣٥٠
العَضَلات ص ٣٥٥
الحَواسّ ص ٣٥٨
الدِّماغ ص ٣٦١



الدِّماغ

الدِّماغُ على اتِّصالٍ دائمٍ بكُلِّ جُزْءٍ من الجِسْم. وَهُو يَحوي بلايينَ العَصَبُونات (الخلايا العصَبيَّة) التي يَترابَطُ بعضُها مع بعضٍ ومع جميعِ الأعصابِ في الجِسْم. يَعرِفُ العُلماءُ الكثيرَ عن العَصَبُونات مُنفرِدةً، لكِنَّ طريقةَ عَمَلِ الدِّماغ مُتكاملًا لمّا تتوضَّحْ لهُم. وقد بَدأَ الخُبراءُ حديثًا يستكشِفون طرائقَ التَّفكيرِ والتَّذكُّر. ومِنَ المَعروف الآنَ أنَّ الدِّماغَ البَشَرِيَّ يَنْقسِمُ إلى مَناطقَ مُنْفصِلةٍ، بَعْضُها يتحَكَّمُ بوظائفِ الجِسْمِ العامَّة، وبَعْضُها يَقُومُ بتَنسيقِ ومُساوَقةِ الحَرَكاتِ أو تفَهُّمِ الكلماتِ المَسْمُوعةِ. أنْتَ، في اليَقظة، تُدْرِكُ وتَعِي ما تقومُ به؛ لكِنْ أثناءَ نومِكَ يَنْغَلِقُ دِماغُكَ الواعي، فتُتابِعُ أجزاءٌ أُخرى من الدِّماغ استِمراريَّةَ العمليّاتِ الحيَويَّةِ لِبقائك.

الدِّماغُ البَشَريّ

يَنقسِمُ الدِّماغُ البَشَريُّ إلى ثلاثةِ أقسامٍ رئيسيَّة؛ إثنانِ منها، هُما جِذْعُ الدِّماغِ والمُخَيخ، يَحكُمانِ وَظائفَ الجِسْمِ الحيَويَّةَ كالتنفُّسِ والهَضْمِ والدَّورةِ الدَّمويَّةِ والوَضْعة. أمّا المُخُّ، الأكبَرُ كثيرًا، بشِقَّيْهِ الأيمَنِ والأيسَرِ فيُعالِجُ المَعلوماتِ والمُعطياتِ؛ وهو مَركزُ الإدراكِ والتفكير. يحوي دِماغُ الإنسانِ حوالى ١٠٠٠ بليون خليَّةٍ عَصَبيَّةٍ عِندَ الوِلادة؛ ويَتضاءَلُ هذا العَددُ ببُطءٍ معَ تقدُّمِ السِّنِّ لأنَّ العَصَبُوناتِ تَمُوتُ ولا يُمكِنُ اسْتِبدالُها.

المُخُّ (وهو جُزْءٌ من الدِّماغِ الأماميّ)

الفَصُّ البَصَريّ

المُخَيخ

جِذْعُ الدِّماغ

الدِّماغُ الأماميّ (مُقدَّمُ المُخّ)

الغُدَّةُ النُّخاميَّة

دِماغُ الطُّيور

المُخُّ لا يُغطّي المُخَيخَ في دِماغِ الطُّيور. ويُلاحَظُ كِبَرُ الفَصِّ البَصَريِّ في الدِّماغ. وهو القِسْمُ الذي يُعالِجُ المَعلوماتِ الوارِدةَ من العَيْنَين.

إيڤان پاڤْلُوف

اشْتهرَ الفِسيولوجيُّ الرُّوسيُّ پاڤْلوف (١٨٤٩-١٩٣٦) بدِراساته في المُنْعكِسات. وكانَ عارِفًا أنَّ المُنْعكِساتِ (رُدودَ الفِعْلِ التِّلقائيَّة) مُتأصِّلةٌ لدى كُلِّ الحيوانات. لكِنَّه اكتشَفَ أنَّ مُنْعكِساتٍ جديدةً يُمكِنُ تعلُّمُها بالإشْراط. فقد عَلَّمَ الكِلابَ أنْ تتوقَّعَ الطعامَ بعْدَ سَماعِ جَرَسٍ مُعَيَّن. وبعدَ فَتْرةِ التدريبِ صارتِ الكِلابُ تَرُولُ استِجابةً لِسَماعِ الجَرَسِ حتّى بغِيابِ الطعام.

المُخُّ (وهو جُزْءٌ من الدِّماغِ الأماميّ)

الفَصُّ البَصَريّ

المُخَيخ

الدِّماغُ الأماميّ

جِذْعُ الدِّماغ

دِماغُ الضَّفادع

المُخُّ في الضَّفادعِ صغيرٌ نِسبيًّا، والمُخَيخُ ضَئيلٌ كذلك. لكِنَّ جِذْعَ الدِّماغِ يُؤلِّفُ حوالى نِصْفِ حَجْمِ الدِّماغِ بكامِله. الإبصارُ مُهِمٌّ جدًّا للضَّفادعِ لأنَّها تَقْنِصُ فرائسَها بالبَصَر. فالفَصّانِ البَصَريّانِ، رُغْمَ أنهما أصغَرُ مِمّا هُما عليهِ في الطُّيور، يُؤلِّفانِ جُزْءًا رئيسيًّا من مُجْمَلِ الدِّماغ.

دِماغُ الأُخْطُبوط

دِماغُ الأُخْطُبوط من أكبَرِ الأدمِغةِ بينَ جميعِ اللافقاريّات. ونَمَطُ بِنْيتِه يَختلِفُ تمامًا عن أدمِغةِ الفقاريّاتِ باحتِوائه عِدَّةَ فُصوصٍ مُترابِطة. والأُخْطُبوطاتُ حادَّةُ البَصَر، والقِسْمُ الأكبَرُ من دِماغِها يُعالِجُ الإشاراتِ الوارِدةَ من العَيْنَين. ولقد أثبتَتِ الاختِباراتُ أنَّ الأُخْطُبوطاتِ حيواناتٌ ذكيَّةٌ، إذْ تتدبَّرُ أمْرَ الوُصولِ إلى الطعام، حتّى ولو تطلَّبَ ذلك نَزْعَ السِّدادِ من قِنّينةٍ غاطِسة.

مِنطقةُ التَّنسيقِ في الدِّماغ

أعصابٌ إلى الذِّراعَيْنِ والرَّأس

فَصّانِ كبيرانِ يُعالِجانِ الإشاراتِ العَصَبيَّةَ الوارِدةَ من العَيْنَين

أعصابٌ إلى الجِسْم

الغَريزَةُ والتَّعلُّم

طَيْرُ العرائشِ الكبيرُ الذَّكَرُ (كلاميديرا نُوكاليس) يَبْني تَعريشةً رائعةً من العِيدانِ ويُزيِّنُها بأشياءَ زاهيةٍ لاجتِذابِ القَرينة. وهو يقومُ بهذا العَمَلِ المُعقَّدِ غَريزيًّا، دُونَ حاجةٍ إلى تعلُّمِه. فالغريزةُ نَمَطٌ من السُّلوكِ الطبيعيِّ الوِراثيِّ لا يُتعلَّم.

خَلايا الدِّماغ

خَلايا الدِّماغِ يُمكِنُ أنْ تتشابَكَ مع أكثَرَ من ٢٠٠,٠٠٠ خليَّةٍ مُجاوِرة. وإشاراتُ الخَلايا المُجاوِرةِ إمّا أن تَجْعَلَ مجموعةً من الخَلايا تُرسِلُ رِسالةً مُعيَّنةً (كأمرِ بَلْعِ الطعامِ مَثلًا)، أو تَمْنَعُها من القيامِ بذلك (كأخْذِ نَفَسٍ أثناءَ البَلْع).

لمزيد من المعلومات انْظر

الزَّحافيّات ص ٣٢٤
البَرْمائيّات ص ٣٢٨
الطُّيور ص ٣٣٢
الحَواسّ ص ٣٥٨
الأعصاب ص ٣٦٠

النُّموُّ والتَّطوُّر

الكائناتُ الحيَّةُ في مُعْظَمِها تَنْمو وتَكْبُرمعَ تقَدُّمِ العُمْرِ. ولا يَحدُثُ ذلكَ بِتَضَخُّمِ الخلايا، بَلْ بِتكاثُرِها. فعِندما تبلُغُ الخليَّةُ حَجْمًا مُعيَّنًا، تَسْتَنْسِخُ ذاتَها لِتُنْتِجَ خَليَّتَيْنِ جَديدتَيْنِ تَنْشَطِرانِ بِدَورِهما لاحِقًا – وهكذا تتراكمُ الخلايا ويَنْمو الكائنُ أو الكائنات؛ ويُعرفُ هذا بالانقِسام الخَلَويّ. بعضُ الكائناتِ الحيَّةِ، كالنَّبات، لا يَتوقَّفُ عنِ النُّموِّ طوالَ حَياتِه بمِثلِ هذا الانقِسام. لكِنْ في مُعظمِ الحيواناتِ بما فيها الإنسانُ، تنقسِمُ الخلايا بِبُطءٍ أكثرَ متى اتَّخذَ الجِسْمُ البالِغُ شَكْلَهُ النِّهائيَّ.

١. في مُعظمِ الأوقاتِ، خِلالَ الفَتَراتِ ما بينَ الانقِساماتِ الخَلَويَّة، يَنْتَشِرُ ما في الخليَّةِ من د ن ا (الحامِضِ النوويّ الرِّيبيّ المنقوصِ الأكسجين) في النواة، فلا يُرى إلرقَّتِهِ البالِغة.

نواة

غِشاءُ الخليَّة

٢. يَستَنسِخُ د ن ا ذاتَه ويَتلفَّفُ إلى صِبْغيَّات؛ وتَبقى الصِّبغيَّةُ ونُسختُها مُتَّصِلتَيْنِ بِقُسَيْمةٍ مَرْكزيَّة، ثمّ تبدأُ خُيوطٌ كيماويَّةٌ دقيقةٌ، تدعى المِغْزَل، بالتَّشكُّل.

مِغْزَل

صِبْغيَّات (كْرُوموسُومات)

٣. يختفي الغِشاءُ النَّوويُّ في حينِ يكونُ المِغْزَلُ قد اكتمَل، فتبدأُ الصِّبغيَّاتُ بالتراصُفِ في وسَطِه.

مِغْزَل

نِصْفُ صِبْغيَّة

٤. تبدأُ كُلُّ صِبْغيَّةٍ بالانفِلاقِ إلى نِصْفَيْنِ مُتماثِلَيْنِ يُباعِدُهما المِغْزَلُ المُتَّصِلُ بالقُسَيْمةِ المَرْكزيَّة، وتتَّجِهُ الانصافُ نحو طَرَفينِ مُتقابِلَيْنِ من الخليَّة.

٥. يتشكَّلُ غِشاءٌ نوويٌّ حَوْلَ كُلِّ مجموعةٍ من الصِّبغيَّاتِ مُكوِّنًا نواتَيْنِ جديدتَيْن.

٦. يبدأُ تَلَمٌ بالتشكُّلِ حَوْلَ الخليَّة؛ ويتزايدُ تعمُّقُه لتنقسِمَ هَيُولى الخليَّةِ إلى نِصْفَيْن.

٧. الخليَّتانِ الجديدتانِ مُكتَمِلتا التَّشكُّلِ الآن، وكُلٌّ منهُما تحوي د ن ا ذاتَه كالخليَّةِ الأُم. ويُمكِنُ للخليَّتَيْنِ الآنَ استِنْساخُ نفسَيهما لإنتاجِ أربعِ خلايا.

٨. بعدَ اكتمالِ الانقِسام، يَعودُ د ن ا في الصِّبغيَّاتِ إلى الانتِشارِ مُجدَّدًا.

الانقِسامُ الخَلَويّ

قَبْلَ انقِسامِ الخليَّة، يَنْبَغي أنْ تُضاعِفَ الخليَّةُ صِبْغيَّاتِها (البُنى الخَيطيَّة حامِلَةُ د ن ا). ثُمَّ تتباعَدُ الصِّبغيَّاتُ المُضاعَفةُ مُكوِّنةً نواتَيْنِ جديدتَيْنِ – ويُعرفُ هذا بالانقِسامِ الفَتيليّ. عندَ اكتمالِ انقِسامِ النَّواةِ تنقسِمُ الخليَّةُ إلى خليَّتَيْنِ مُتماثِلتَيْنِ تمامًا؛ ويَحدُثُ هذا النوعُ من الانقِسامِ لِلتَّنامي. وهُناكَ انقِسامٌ من نوعٍ آخر، يُدعى المُنصِّفَ أو الاختِزاليّ، يَسْبِقُ التكاثُرَ الجِنسيّ، ولا يُنتِجُ خلايا مُتماثِلةً تمامًا.

الانقِسامُ آخِذٌ مَجْراه

في هذه الطَّبقةِ الرقيقةِ من جَذْرِ بَصَلة، يُحيطُ بِكُلِّ خليَّةٍ جِدارٌ خَلَويٌّ. والصِّبغيَّاتُ في الخلايا الجاري انقِسامُها ظاهِرةٌ بِوُضوح. أمَّا في الخلايا الأُخرى، فالصِّبغيَّاتُ مُنتشِرةٌ في النَّواة. خلايا النَّباتِ والحيوانِ تنقسِمُ بطريقةٍ مُماثِلة، إلَّا أنَّ خلايا النباتِ ينْبَغي لها تخليقُ جِدارٍ خَلَويٍّ من السِّليولوزِ بعدَ تكوُّنِها.

النُّموُّ في الشَّجَر

تنْمو الشجرةُ بِطريقتَيْنِ مُختلِفتَيْنِ مُتكامِلتَيْن. فتنقسِمُ الخلايا في أطرافِ الأغصانِ والجُذورِ لِتَزيدَها طُولًا. وفي الوقتِ نفسِه، تنقسِمُ خلايا الكَمْبيوم (الخلايا تحتَ اللِّحاء) فتزيدُ ثخانةَ الجِذْعِ والأغصان.

تتكوَّنُ حلَقاتُ النُّموِّ بتسارُعِ النُّموِّ في الرَّبيعِ وبُطئِه صَيفًا، وانعدامِه شِتاءً.

مع نَماءِ الشَّتْلَة، تَسْقُطُ اغصانُها السُّفليَّةُ تارِكةً الجِذْعَ عارِيًا. وتزدادُ ثَخانةُ الجِذعِ لكنَّه لا يَمتدُّ صُعُدًا. وهكذا يظلُّ النَّدْبُ في مكانِ غُصنٍ قديمٍ على الارتفاعِ ذاتِه.

البادِرات

النُّموُّ يتطلَّبُ طاقةً كبيرة. والبادِرةُ يُمكِنُها النَّماءُ السَّريعُ لاحتِوائِها مَخزونًا غذائيًّا في نَسيجٍ بِزْريٍّ يُدعى السُّوَيْداء. كما تحوي أوراقُ البِزْرَةِ (الفِلْقَةُ أو الفِلْقتان) أحيانًا، مَخزونًا غذائيًّا إضافيًّا. تتفتَّحُ الفِلْقاتُ في الكثيرِ من البادِراتِ بِسُرعةٍ لإتاحةِ المجالِ لِلتخليقِ الضَّوئيّ.

مَخزونُ البِزْرةِ من الغِذاءِ يُوفِّرُ لها طاقةً للإنتاش.

الدَّورةُ الخَلَويَّة

ينْقسِمُ الكثيرُ من خلايا جِسْمِكَ تَبَعًا لجَدْوَلٍ زَمَنيٍّ ثابِت. فالخليَّةُ في بِطانةِ الوَجنتَيْن، مثلًا، تنقسِمُ مرَّةً كُلَّ ٢٤ ساعة تقريبًا. وليستِ الخلايا كُلُّها سريعةَ الانقِسامِ بِهذا الشَّكل؛ ففي بعضِ الخلايا يتوقَّفُ الانقِسامُ خِلالَ فَترةٍ زمنيَّةٍ طويلة. أمَّا في الخلايا العَصَبيَّة، فيتوقَّفُ الانقِسامُ تمامًا بعدَ تكوُّنِ الخلايا في الجَنينِ في الرَّحِم.

١. انقِسامٌ فَتيليٌّ وخَلَويٌّ (ساعة واحدة)

٢. الفَتْرةُ الفَجويَّةُ الأُولى (١٠ ساعات)

٣. زَمَنُ التخليقِ (٩ ساعات) – تضاعُفُ الصِّبغيَّات.

٤. الفَتْرةُ الفَجويَّةُ الثانية (٤ ساعات) – خِلالَها تنمو الخليَّةُ وتتهيَّأُ للانقِسام.

دورةُ الانقِسامِ في خليَّةٍ وَجنيَّةٍ بِطانيَّة.

النُّموُّ والتَّطوُّر

لا تَنْقسِمُ خلايا الجِسْمِ كُلُّها بالسُّرعةِ نفسِها. فخلالَ نُمُوِّكَ تزدادُ سُرعةُ انقسامِ الكثيرِ من خلايا جَسَدِكَ، بخاصَّةٍ في ذِراعَيكَ ورِجْليكَ، أكثرَ منها في رأسِكَ. ونتيجةً لِذلكَ، يتغيَّرُ شَكْلُ وحَجْمُ تراكيبِ جِسمِكَ؛ ويُعْرَفُ هذا بالتطوُّر. والنموُّ والتطوُّرُ كلاهُما تَحْكُمُهما الهُرمونات - وهي مَراسيلُ كيماويّةٌ يَنقُلُها الدَّمُ إلى مُختلِفِ أجزاءِ الجسم. بعضُ هٰذه الهُرموناتِ يَسْتَثيرُ هَبَّةَ النُّموِّ في جِسْمِكَ بَدْءًا من عُمرِ ١٢ إلى ١٣ سنة، ثُمَّ يُوقِفُهُ تمامًا حوالى الـ ٢١ من العُمْر.



النُّموُّ التطوُّريُّ البشريّ

في الطِّفْلِ الحديثِ الولادة، الرأسُ كَبيرٌ جِدًّا والذِّراعانِ والرِّجلانِ قصيرةٌ.

في عامِهِ الثاني، تكُونُ ذِراعا الطِّفْلِ ورِجلاهُ قد نمتا كثيرًا. والرِّجلانِ الآنَ تَقْويانِ على المَشْيِ.

في الخامسةِ من العُمرِ تكُونُ عَضَلاتُ الذِّراعينِ والرِّجلينِ قد قوِيَتْ كثيرًا؛ ويستطيعُ الطِّفْلُ الآنَ المَشْيَ أو الرَّكْض.

في العاشرة، الأطرافُ الآنَ أطولُ، وقد تعلَّمَ الطفلُ القيامَ بالحركاتِ المُحكَمةِ الضَّبْطِ كالكِتابةِ والتِقاطِ الكُرَة.

في الثالثةَ عشْرةَ، التغيُّراتُ الجاريةُ كثيرةٌ في الجِسم. وهو ينمُو بِسُرعةٍ تَهْيِئةً لِمَرحلةِ البُلوغ.

يكتمِلُ النُّمُوُّ غالبًا في سِنِّ العِشرين؛ فيُؤلِّفُ الرأسُ الآنَ جُزءًا أصغرَ من الجسْم. ويُعتبَرُ بُزوغُ أضراسِ العَقلِ (النواجذ) أحدَ مَعالِمِ انتِهاءِ مَرحلةِ النُمُوّ.

الفَراشةُ الأميراليَّةُ (لِيمِنِيتِيس كاميلا)



داخِلَ الشرنقةِ، تَنْحَلُّ مُعظَمُ خلايا الخادِرةِ اليُسْروعيَّة، وتُكَوِّنُ الخلايا الجديدةُ الفراشةَ الكامِلة.

اليُسروعُ مُزوَّدٌ بِفَكَّيْنِ قَوِيَّيْنِ، أمّا الفراشةُ فأجزاءُ فَمِها أُنبوبيَّةٌ وتتناولُ غِذاءَها امتِصاصًا فقط.

التَّحَوُّلُ النّاقِص

يتغيَّرُ شَكْلُ البَقَّةِ تدريجيًّا أثناءَ النُّمُوّ. فهي تَفْقِسُ عَديمةَ الأجنحةِ والأعضاءِ التناسُليَّة. وخِلالَ مَراحِلِ النُّمُوِّ تَنسلِخُ (أي تَطرَحُ قِشْرتَها)، ويتغيَّرُ جِسْمُها قليلًا بعْدَ كُلِّ انسِلاخٍ حتّى مَرحلةِ البُلوغِ بَعْدَ الانسِلاخِ الخامِس. ويُدعى هذا التحوُّلُ البطيءُ في شَكْلِ الجِسْمِ التَّحوُّلَ النّاقِص. والتَّحوُّلُ في الصراصيرِ والجنادِبِ والجرادِ هُو من هذا القَبيل.



بَقَّةُ الوَرَقِ في المَراحِلِ الثانيةِ والخامسةِ والبُلوغِ من التحوُّلِ النّاقِص.

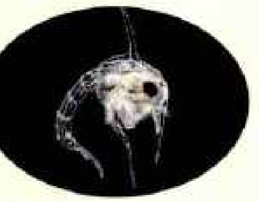
إنماءُ الأجزاءِ المَفقودة

إذا جُرِحْتَ تَبْدأُ خلايا جِلْدِكَ بالانقِسامِ حتّى يَنْدَمِلَ الجُرح. هذا النَّوعُ من النَّماءِ يُدعى تَجديدًا أو تَجَدُّدًا. أجسامُنا تستطيعُ تَجديدَ الجِلْدِ والعَظْمِ فقط. لكِنَّ بعضَ الحيواناتِ تَستطيعُ تَجديدَ أجزاءٍ بكامِلِها. كالأرجُلِ أو الذَّيلِ، إذا ما فُقِدَتْ.

يستطيعُ نَجْمُ البَحرِ إنماءَ رِجْلٍ جديدةٍ إذا انْقَصَمَتْ إحداها.



اليَرقانةُ البدئيّةُ للسَّرطانِ (السَّلْطَعون) ذاتُ ذَيلٍ طويلٍ ونابِتٍ شَوكيٍّ مُقوَّسٍ في ظَهرِها. وهي تَضْرِبُ الماءَ بأرجُلِها لِتَبْقى على مَقْرُبةٍ من السَّطح.



اليَرقانةُ السَّلطعونيّةُ التاليةُ الضَّخمةُ العَيْنَيْنِ ذاتُ أرجُلٍ مُكتَمِلةِ النُموّ، قَصُرَ فيها الذيلُ وتلاشى النتوءُ الشوكيّ. وهي تقضي جزءًا من حياتِها في قاعِ البَحر.

الانْطِلاقُ في الجَوّ

بِتحوُّلِ الشَّكلِ هٰذا، يتغيَّرُ النَّمَطُ الحياتيُّ لِلحيوانِ نَفْسِه، فيتغيَّرُ نوعُ مأكَلِه وتختلِفُ طرائقُ تَحرُّكِه. فاليُسروعُ اليَرقانيُّ يَغتذي بأوراقِ النَّباتاتِ ويَقْضي كُلَّ وَقْتِهِ زاحِفًا فوقَها. لكِنَّهُ بَعْدَ التحوُّلِ يَغدو فَراشةً تَغتذي بالرَّحيقِ وتستطيعُ الطَّيرانَ بعيدًا بَحْثًا عن نَباتاتِ اغتِذاءٍ جديدةٍ تَضَعُ عليها بُيوضَها لاحِقًا إنْ كانَتْ أُنثى.

السَّرطانُ البالِغُ ذو ذَيْلٍ قصيرٍ مَطْوِيٍّ تحتَ جِسْمِه. أرجُلُهُ قويّةٌ جدًّا لكِنَّهُ سَبّاحٌ تُعوِزُه الرَّشاقة. وهذا السَّرطان (كارسينوس ميناس) شاطِئيّ.

التَّحوُّلُ الكامِل

في التَّحوُّلِ الكامِلِ يَختلِفُ شَكْلُ الصِّغارِ عن البالِغينَ جَذريًّا. فالسَّرطانُ يبدأُ حياتَهُ كيَرقانةٍ بِدائيّةٍ دقيقة، تَطفو مُساحَةً لِماءِ البَحر. وبَعْدَ انسِلاخِ قِشْرةِ الجِسْمِ عِدَّةَ مَرّاتٍ، يتحوَّلُ إلى يَرقانةٍ «ضَخمةِ العَينَين» تستطيعُ المَشْيَ والسِّباحة. وأخيرًا تَطرحُ ضَخمةُ العَيْنينِ (ميجالوپا) قِشْرتَها وتَغدو سَرطانًا صغيرًا.

لِمزيدٍ من المعلوماتِ انْظُر

النَّباتاتُ الزَّهرِيَّة ص ٣١٨
المَفْصِليّات ص ٣٢٢
نَجْمُ البَحرِ والرَّقيّات ص ٣٢٥
الخلايا ص ٣٣٨
البِيئةُ الباطِنيَّةُ (في الأحياء) ص ٣٥٠
الوِراثيّات (عِلْمُ الوِراثة) ص ٣٦٤

الوِراثيّات (عِلمُ الوِراثة)

كُلُّ شَكْلٍ من أشْكالِ الحياةِ، من الفيلِ إلى الطُّحْلُبَة، مُؤلَّفٌ ومَحْكُومٌ "بِوَصْفَةٍ" كيماويّةٍ، تتّخِذُ شَكْلَ رَامُوزٍ كيماويٍّ لا تَدْوينيّ. هذا الرّاموزُ تَحْتَويه الجُزَيْئاتُ اللَّولبيَّةُ لِلحامِضِ النَّوويّ الرّيبيّ المَنقوص الأكسجين (د ن أ)، المُحتَشِدَةُ داخِلَ الخلايا في جميعِ الكائناتِ الحيَّة. وهذا الرّاموزُ الكيماويُّ مُعقَّدٌ جدًّا، فهُو يَشمَلُ في الخليَّةِ البَشَريَّةِ الواحِدةِ من ٥٠،٠٠٠ إلى ١٠٠،٠٠٠ تعليمةٍ مُنفَصِلَة، تُدعى جِينات، كُلٌّ مِنها تحكُمُ صِفَةً مُختلِفَةً. الوِراثيّاتُ عِلمٌ يَبْحَثُ في سُبُلِ انتِقالِ الصِّفاتِ الوِراثيّةِ من جِيلٍ إلى جِيل.

كُلُّ خليّةٍ جِنسيّةٍ، ذكريّةٍ أو أنثويّةٍ، تحوي مجموعةً مُفردةً من جُزَيئاتِ د ن أ - أي إنّها تحوي نِصْفَ ما تحويه الخليّةُ العاديّةُ من الصِّبْغيّات.

الخليّةُ المُخصَّبةُ (اللاقِحة) تحوي مجموعةً مُزدوجةً من جُزيئاتِ د ن أ - أي إنّها تحوي المجموعةَ المُزدوجةَ العاديّةَ من الصِّبْغيّات.

الصِّبْغيّاتُ البَشَريّة

تُبيِّنُ هذه الصُّورةُ الصِّبْغيّاتِ الـ ٤٦ كُلَّها الموجودةَ في خليّةٍ بشريّةٍ واحدة. لقَدْ جرَتْ مُعالجةُ الصِّبغيّاتِ بِصِبْغٍ خاصٍّ ورُتِّبَتْ أزواجًا. (لاحِظْ صِبْغيَّيْ إكْس وَ واي في أسفلِ اليَمين من الصورة). لِكُلِّ نوعٍ من أنواعِ النّباتِ والحيوان عَدَدٌ صِبغيٌّ مُميَّز - بَعضُها يحوي أقلَّ من عشرةِ صِبْغيّاتٍ بينما تحوي أُخرُ ما يَزيد على الألف.

تترابطُ القواعِدُ أزواجًا.

يتّخِذُ جُزَيءُ د ن أ شكلَ لَولَبٍ مُزدوجٍ مُترابِطٍ بكيماويّاتٍ تُدعى قواعِد، تُوجَدُ منها أربعةُ ضُروب. إنّ تَسَلْسُلَ هذه القواعِد يُؤلِّفُ الرّاموزَ الوِراثيَّ لِلخليّة.

الـ د ن أ في الصِّبْغيّةِ مُلتفٌّ حَوْلَ ذاتِه، ويلُفُّ أيضًا كيماويّاتٍ أُخرى.

كُلُّ جُزَيءٍ من د ن أ يُؤلِّفُ بِنْيَةً خَيطيّةَ الشَّكلِ تُسمّى صِبْغيّة. وهناك نُسْختانِ من كُلِّ صِبْغيّة - واحدةٌ من الأبِ وواحدةٌ من الأُمّ.

يُوعِزُ الرّاموزُ إلى الخليّةِ بتجميعِ البروتينات.

الـ د ن أ مفكوكٌ أثناءَ نَسْخِ الرّاموز.

بروتينٌ قَيْدَ التَّجميع

الصِّبْغيّاتُ والجِيناتُ وَ د ن أ

نَواةُ الخليّةِ تحوي قِطَعًا مُتعدِّدةً من د ن أ، كُلُّ واحدةٍ منها تُدعى صِبْغيًّا أو صِبْغيّة. والجينةُ نُطَيْقٌ واحِدٌ منَ الصِّبْغيّةِ فيه التعليماتُ الوافِيَةُ لِتَصنيعِ بُروتينٍ واحِد. يَقُومُ د ن أ بتَوجيهِ التعليماتِ إلى الخليّةِ لتَصنيعِ البروتيناتِ المُتعدِّدةِ المُختلِفةِ التي يَقتَضيها عَمَلُ الخليّة. ولتحقيقِ ذلك، "يَنفَتِحُ زِمامٌ" جُزءٍ من لَولَبِ د ن أ مُؤقّتًا، ليُمكِنَ استِنساخُ رامُوزِه. وتَنتقِلُ النُّسخَةُ إلى خارجِ النواةِ حيثُ تُوجِّهُ الخليّةَ لِتصنيعِ البروتينِ المُعيَّنِ الذي قد يكونُ أنزيمًا أو كُولاجينًا (بُروتينًا جِلديًّا) مثلًا.

الاختلافاتُ الطَّبيعيّة

هذه النّباتاتُ المُزهِرةُ قد تَبدو مُتماثِلةً، لكنَّ كُلَّ نَبتةٍ فيها ذاتُ د ن أ فَريدٍ خاصٍّ بها، لأنّها تكوّنَتْ بالتّكاثُرِ الجِنسيّ. وهذا يُكسِبُها مجموعةً من المُميِّزات. فقدْ تكونُ أغزَرَ إزهارًا من سِواها، أو لعلَّها تُسخِّرُ طاقةً أكثرَ لإنماءِ الجُذور. هذه الاختلافاتُ الطفيفةُ مُهمّةٌ جدًّا، لأنّها تَعني أنَّ النّوعَ يتطوّرُ (يتغيَّرُ مع الزّمن). فبَعضُ تغيُّراتِ الـ د ن أ الأكثرِ نجاحًا ستُصبِحُ جِيناتُها الأكثرَ شُيوعًا مع تَعاقُبِ الأجيال.

أزهارُ البابونج (الشّميس كذا)

رُوزالِند فْرانكلين

تَمَّ التقدُّمُ الحاسِمُ في دِراسةِ بِنْيةِ د ن أ، عامَ ١٩٥٣، على يَدِ الفيزيائيِّ الحيويِّ البريطانيِّ، فرنسيس كْرِك (المولود عام ١٩١٦) وعالِمِ الوِراثيّاتِ الأمريكيِّ، جيمس واطسُون (المولود عام ١٩٢٨). فقدْ توصّلا إلى استِنتاجِ أنَّ د ن أ ذو بِنيةٍ لَولبيّةٍ مُزدوجةٍ بعْدَ دِراسةِ صُوَرٍ بالأشِعّةِ السّينيّةِ التقطتْها عالِمَةُ البِلّوراتِ البريطانيّةُ رُوزالِند فْرانكلين (١٩٢٠-١٩٥٨)، أثناءَ دراستِها لِبِلّوراتِ د ن أ بأشِعّةِ إكْس. وقد نالَ كْرِك وواطسُون بالاشتِراكِ مع موريس وِيلكِنز (المولود عام ١٩١٦) جائزةَ نُوبل لِلفسيولوجيا (أو الطّبّ) عام ١٩٦٢. لكنَّ فرانكلين وافاها الأجَلُ قبلَ أنْ يُقدَّرَ فَضْلُها حَقَّ قَدْرِه.

الطّفرات

جُزَيءُ د ن أ طويلٌ جدًّا وكثيرًا ما يتعرَّضُ لِلتَّلَف. وفي العادة، يُصلَحُ هذا التّلَفُ تِلقائيًّا. أمّا إذا كانَ التّلَفُ شامِلًا، فإنّه يُؤدّي إلى تخليقِ قِطعةٍ جديدةٍ دائمةٍ من الرّاموزِ الوراثيِّ تُدعى طَفْرة. والطّفراتُ التي تحدُثُ في الخلايا الجسديّةِ قليلةُ الأثر؛ أمّا التي تحدُثُ في الأمْشاجِ (الأعراسِ أو الخلايا الجِنسيّة) فيُمكِنُ انتِقالُها من جيلٍ إلى آخر، مُخلِّفَةً صِفاتٍ جديدةً في الكائناتِ الحيّة.



المَهَقُ (الخَشْنة) طَفْرةٌ مألوفةٌ في الحيواناتِ والنّباتات. هذا سِنجابٌ أمْهَقُ من السّناجيبِ الكُثْر.

الجِيناتُ والنّاس

إذا لم تكُنْ توأمًا طِبقًا، فأنتَ فريدٌ في تركيبتِكَ من الجِيناتِ التي تَحكُمُ الصِّفاتِ الوِراثيّةَ في جِسمِك، والتي لا يُماثِلُكَ فيها أحَد. أحيانًا الجِينةُ الواحدةُ تَحكُمُ صِفةً ظاهِرة، كلَوْنِ العَينَيْنِ مَثلًا. لكنَّ الغالِبَ أنْ تُسهِمَ عِدّةُ جِيناتٍ في ذلك. إنَّ الكثيرَ من الصِّفاتِ الموروثةِ تتبدّلُ تَبَعًا لأسلوبِ ونَمَطِ الحياة. فطُولُكَ مَثلًا، يَعتَمِدُ على نوعيّةِ غِذائِكَ كما يعتمِدُ على جِيناتِكَ أصلًا.

الانتصاف (الانقسامُ المُنصِّف)

الانتصافُ نوعٌ خاصٌ من الانقسام الخَلَويِّ يُنتِجُ أمشاجًا (خلايا جِنسيَّة). وفيه تنقسِمُ الخليَّةُ مرَّتين لتُنتِجَ أربعَ خلايا جديدة فَردانيَّة الصِّبغيَّات، أي إنَّ الواحدةَ منها تحوي نِصفَ كميَّة د ن أ، الموجودة في الخليَّة الأصليَّة. كما إنَّ كُلًّا من صبغيَّاتِها جديدةٌ فريدةُ النَّمط لأنَّ صِبغيَّاتِ الخليَّةِ الأصليَّة تتبادَلُ قِطَعًا فيما بينها قَبلَ الانقسام مُباشرةً. وخِلافًا للانقسام الفَتيلي (الانقِسام الخَلَويِّ العاديّ) فإنَّ الانقسامَ المُنصِّف يُنتِجُ خلايا ذاتَ تعليماتٍ وراثيَّةٍ جديدةٍ. ويُدعى المَشيجُ الأُنثويُّ عادةً البُوَيْضة (أو البُيَيضة)، والمَشيجُ الذكَريُّ النُّطفة.

الخليَّةُ الذكَريَّةُ الأصليَّةُ مُزدوجةُ مجموعةِ الصِّبغيَّات.

الخليَّةُ الأنثويَّةُ الأصليَّةُ مُزدوجةُ مجموعة الصبغيَّات أيضًا.

تَنقسِمُ الخليَّةُ الأُنثويَّة انتِصافيًّا فتُنتِجُ أربعَ خلايا جِنسيَّةً أنثويَّةً (تُدعى البُوَيضات) في كُلٍّ منها مجموعةٌ فَردانيَّةٌ من الصِّبغيَّاتِ الفَريدة.

تَنقسِمُ الخليَّةُ الذكَريَّةُ انتِصافيًّا فتُنتِجُ أربعَ خلايا جِنسيَّةً ذكَريَّةً (تُدعى النِّطافَ)؛ في كُلٍّ منها مجموعةٌ فَردانيَّةٌ من الصِّبغيَّاتِ الفَريدة.

في الحيواناتِ، تَنقسِمُ الخليةُ الأُنثويَّةُ عادةً بطريقةٍ غيرِ مُتساوية، فتُنتِجُ ثلاثَ خلايا صغيرةً (تُدعى أجسامًا قُطبيَّة) وخليَّةً كبيرةً واحدة.

الخليَّةُ الكبيرةُ فقط يُمكِنُ إخصابُها.

في الإخْصابِ، يتَّحِدُ مَشيجٌ ذكَريٌّ بمَشيجٍ أُنثويٍّ ليُنتِجا خليَّةً مُخْصَبةً ذاتَ مجموعةٍ مُزدوجةٍ من الصِّبغيَّاتِ مُجدَّدًا.

الخليَّةُ المُخْصَبةُ تحوي نُسْخَةً جينيَّةً (وِراثيَّة) فَريدةً تنقسِمُ انقِسامًا فَتيليًّا لإنتاجِ مُتعَضٍّ جديد. وكُلُّ الـ د ن أ في المُتعضِّي الجديد هو نُسْخَةٌ عن الـ د ن أ في البُوَيْضة والنُّطْفة.

فَرْدانيٌّ وضِعْفانيٌّ

الخليَّةُ ذاتُ المجموعةِ المُزدوجةِ من الصِّبغيَّات تُدعى ضِعْفانيَّة أو مُزدوجة الصِّبغيَّات؛ والخلايا الجَسَديَّةُ هي عادةً ضِعْفانيَّة. أمَّا الخليَّةُ الجِنسيَّةُ فهي فَردانيَّةٌ تحوي مجموعةً مُفردةً من الصِّبغيَّات أي نِصْفَ عدد الصبغيَّات في الخليَّة الجَسَديَّة. وباتحادِ خليَّةٍ جِنسيَّةٍ ذكَريَّةٍ مع أُخرى أُنثويَّةٍ يُنتِجُ المَشيجانِ خليَّةً ضِعْفانيَّةً يُمكِنُها النَّماءُ إلى مُتعَضٍّ جديد.

جريجور مِنْدِل

مِنْدِل (١٨٢٢-١٨٨٤) راهِبٌ نِمساويٌّ وعالِمُ نَباتٍ اكتشفَ كيفيَّةَ انتِقالِ الصِّفاتِ بالوِراثة. فقد أجرى بِصَبْرٍ آلافَ آلافِ التجارِبِ على نَباتِ البِسِلَّى، بإخصابِ أُصُولٍ مُعيَّنةٍ تَهجينيًّا ودراسةِ النتائجِ الحاصِلة. فوجدَ أنَّ الوِراثةَ لا تَحدُثُ بمَزْجِ الصِّفاتِ معًا، كما كان يُعتقَدُ في حينِه، بَلْ إنَّها تَنْتقِلُ بالوِراثةِ أزواجًا. ومن كُلِّ زوجٍ تكونُ إحدى الصِّفاتِ فقط هي السَّائدة. لقد وَضَعَ مِنْدِل القوانينَ الأساسيَّةَ في الوِراثة عام ١٨٦٦، لكنَّها لم تُنشَرْ في حينه ولم يُعِدِ العُلماءُ اكتِشافَها حتَّى أوائلِ القَرْنِ العشرين.

القِطَطُ الزَّنْجبيليَّةُ اللَّونِ ذُكورٌ (س ص أو إكْس واي) في الغالب. فجينةُ اللَّونِ الزَّنجبيليّ تحمِلُها صِبغيَّةُ س؛ لكنَّها كثيرًا ما تُحْجَبُ بوجود صِبْغيٍّ س آخَر، كما في الأُنثى (س س).

القِطَطُ السُّلحفائيَّةُ اللَّون (المُبقَّعةُ بالبُنِّيِّ والأصفر) إناثٌ دائمًا، لأنَّ هذا اللَّونَ لا يُمكِنُ إنتاجُه إلا بواسطةِ صِبْغيَّي س؛ والإناثُ فقط تحمِلُ مجموعةَ س س.

الجِيناتُ والجِنس

في الإنسانِ والقِطَطِ وكثيرٍ من الحيواناتِ الأُخرى، هنالك صِبغيَّانِ مُختلِفا الشَّكْلِ يُحدِّدانِ جِنسَ الفَرْد، هُما صِبغيَّا س وَ ص (إكْس وَ واي). فقد يحوي الحيوانُ صِبْغيَّي س فيكونُ أُنثى، أو قد يحوي صِبْغيَّي س وَ ص فيكونُ ذكَرًا. لكنْ لا يُمكِنُه أن يَحوي صِبْغيَّي ص، لأنَّه يتلقَّى دائمًا صِبْغيَّ س من والدتِه. وبالإضافةِ إلى الجِنْس، فهذان الصِّبْغيَّان يُحدِّدانِ أيضًا بعضَ الصِّفاتِ الأُخرى. ففي القِطَطِ مثلًا يرتبِطُ لونُ الفَرْوِ بالجِنْس، كما يرتبِطُ عَمَى الألوانِ بالجِنْس في البَشَر.

كيفَ تنتقِلُ الصِّفاتُ بالوِراثة

الخلايا في مُعظمِها مُزدوجةُ الصِّبغيَّات - مجموعةٌ من الوالِد وأُخرى من الوالِدة؛ فهي ثُنائيَّةُ الجِيناتِ أيضًا. في العادةِ، بين الزوجِ من الجِينات، هناك جِينةٌ سائدةٌ - تَحجُبُ تأثيرَ شَريكتِها الصاغِرة (المُتنحِّية). وتُلحظُ في الشَّكلِ المُرفَقِ كيفيَّةُ تحكُّمِ زوجٍ من الجِينات في ألوانِ أزهارِ البِسِلَّى. فالجِينةُ السَّائدةُ (الموسومة ح) تَجعَلُ الأزهارَ حمراء والجِينةُ الصَّاغِرةُ (الموسومة حـ) تَجعَلُ الأزهارَ بيضاء - عِلْمًا أنَّ تأثيراتِ الجِينةِ حـ تُحتجَبُ، ما لَمْ يتواجدْ اثْنتان منها (حـ حـ).

إحدى النَّبْتَتَيْنِ الأُمِّ تحوي جِينَتَيْنِ سائدَتَيْنِ (ح ح)، لذا فأزهارُها حمراء. والنَّبْتةُ الأُمُّ الأُخرى تحوي جِينَتَيْنِ صاغِرتَيْنِ (حـ حـ) وأزهارُها بيضاء.

في العادة، يظهَرُ تأثيرُ الجيناتِ الصَّاغِرة فقطْ إذا تواجَدَ اثْنَتانِ منها.

ح ح — حـ حـ

كُلُّ نَبْتَةٍ من النَّسلِ تتلقَّى جِينةً واحدةً، تختَصُّ بلَوْنِ الزهرة، من كُلٍّ من الوالِدَيْن. ففي الجيلِ الأوَّل، هناك جَميعةٌ واحدةٌ مُمْكِنةٌ فقطْ من الجِينات هي: ح حـ.

ح حـ — ح حـ — ح حـ — ح حـ

أزهارُ الجيلِ الأوَّلِ من النَّسلِ حمراءُ اللَّون. ومع أنَّ كُلًّا منها يحوي جينةً صاغِرةً لِلَوْنِ الأبيض، فإنَّ تأثيرَها مُحتجِبٌ بالجِينةِ السَّائدة.

في الجيلِ الثاني، هنالك أربعُ جَميعاتٍ مُمْكِنةٌ من الجِينات هي: ح ح، ح حـ، ح حـ، حـ حـ

ح ح — ح حـ — ح حـ — حـ حـ

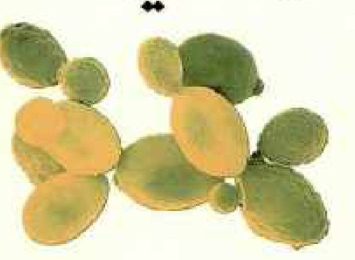
إنَّ رُبْعَ النَّبتاتِ يحوي جِينَتَيْنِ صاغِرتَيْنِ (حـ حـ)، لذا فإنَّ أزهارَ هذه النَّبتاتِ فقط بيضاء.

لمزيدٍ من المعلوماتِ انظُر

آليَّةُ التَّطوُّر ص ٣٠٩
الخلايا ص ٣٣٨
النُّمُوُّ والتَّطوُّر ص ٣٦٢
التناسُلُ الجِنسيّ ص ٣٦٧
التناسُلُ البَشَريّ ص ٣٦٨

التَّكاثُرُ اللَّاجِنْسيّ

التّكاثُرُ، الجِنْسيُّ أو اللَّاجِنْسِيُّ، من خصائصِ الكائنات الحيَّةِ جميعِها. والكائناتُ الحيَّةُ، على العُموم، تتكاثَرُ بِطَريقتَيْن مُختلِفتَيْن تَمامًا، نُعالِجُ فيما يلي التكاثُرَ اللَّاجِنْسِيَّ مِنهُما. التّكاثُرُ اللَّاجِنْسِيُّ يَتِمُّ فَرديًا (وليس بمَشيجَيْن من ذكَرٍ وأُنثى)، بانفِصالِ جُزءٍ بُرعُميٍّ أو شَطْرِيٍّ من الوالِدِ ليُصبِحَ فَردًا جديدًا. وهكذا، فالتّكاثُرُ اللّاجِنسِيُّ بَسيطٌ وسَريعٌ، لكنّهُ في ظُروفٍ مُعيَّنةٍ يَنطوي على مَضَرَّة. فالنَّسْلُ في هٰذه الحالِ يُقاسِمُ الوالِدَ المادَّةَ الوِراثيَّةَ نَفْسَها - بِحَسناتِها وسَيِّئاتِها. فإذا كانَ الوالِدُ يَشكو من عِلَّةٍ، كَقِلَّةِ المَناعةِ ضِدَّ المَرضِ مثلًا، فإنَّ نَسْلَهُ لَنْ يَخلُوَ من تِلكَ العِلَّة.



تَبَرْعُمُ الخمائر

الخمائرُ فُطْرٌ مِجْهريَّةٌ وَحيدةُ الخليّة، تتكاثرُ لاجِنسيًا بالتَّبَرْعُمِ من خلاياها. وفي الظروفِ المُواتِيةِ تتكرَّرُ عمليّةُ التّبرعُمِ من خليةِ الفُطْرة كُلَّ ساعتَيْن. أحيانًا تبدأُ الخلايا الوليدةُ بالتّبرعم قبْلَ انفِصالِها بالكامِلِ عن الخلايا الأُمّ فتكوِّنُ سِلْسِلةً مُتفرِّعة.

مُرجِلَةٌ (بوليب) غداريّةٌ صغيرةٌ لا تزالُ مُلتصِقةً بالهيدرا الأمّ. المُرجِلَةُ الجديدةُ تنفصِلُ في النّهايةِ لتعيشَ مُستقلّةً. والغداريّةُ المُبيّنةُ هُنا هي من نوعِ الهيدرا الشائعة.



توالُدٌ في خَطٍّ إنتاجيّ

في الرّبيعِ والصّيفِ كثيرًا ما تكونُ إناثُ الأرَقِ مُحاطةً بِعَشراتٍ من الصِّغارِ - إذ إنّها تُنتِجُ صِغارًا بالتّناسُلِ العُذْريّ (بدون تزاوُج)؛ والصّغارُ بدَوْرِها تتكاثرُ بسُرعةٍ فائقة. وهذا يَعْني تواجُدَ فيضٍ من الأرَقِ بِوُجودِ وَفْرةٍ من الغذاء. ومع تضاؤلِ مَوردِ الغِذاءِ لاحِقًا، تأخذُ الصّغارُ بالتّناسُلِ جِنسيًا.

التكاثُرُ اللَّاجنسيُّ في الحيوانات

التكاثُرُ اللَّاجِنْسِيُّ واسِعُ الانتِشارِ في النّباتات، ونادِرٌ في الحيوانات. أنتوني ڤانْ لوِينْهُوك، أحدُ أوائلِ مُستخدِمي المِجْهَر كانَ أوّلَ من شاهَدَ حيوانًا يتكاثَرُ بِهٰذه الطريقة. ففي العام ١٧٠١، بينما كان لوِينْهُوك يُراقِبُ حيوانًا دقيقًا من غُدارِيّات البِرَك؛ شاهَدَ كيف إنّ أجزاءً منه تتبَرْعَمُ لتُصبِحَ حيواناتٍ جديدةً.



النَّسائل

في العادة، يتناسلُ شُقَيْقُ البَحْرِ جِنسيًا بإطلاقِ البُيوضِ في الماء؛ لكنّه يستطيعُ التكاثُرَ أيضًا باقتطاعِ أجزاءٍ من جِسْمِه أو بالانفلاقِ تمدُّدًا إلى شطرين. وبعضُ أنواعِهِ تُركِّزُ على هذا النّمطِ من التكاثُر، فتنتشِرُ فوقَ الصُّخورِ، مُكوِّنةً مجموعةً من الحيواناتِ المِثْلِيّة تمامًا والمُتطابِقةِ الجِيناتِ. ومثلُ هذه المجموعاتِ تُسمّى نسائل (ج. نسيلة).



يُمَدِّدُ شُقَيْقُ البَحْرِ نَفْسَه تدريجيًا بينما يزْحفُ الشّطران باتّجاهَيْنِ مُختلِفَيْن.

الحيوانانِ الجديدانِ طَبِيقانِ جِينيًا لِلْوالِدِ - شُقَيقِ البَحْرِ الأَصْليّ.

إفْتِسالُ النباتات

المُزارعونَ لا يَزرعونَ المَوزَ بُزورًا - بل يَعمَدُ المُزارِعُ إلى افْتِسالِ الفَسائِلِ الجديدةِ وغَرْسِها. وفي مِثْلِ هذا التّكثيرِ الخُضَريّ، تحمِلُ النّباتاتُ الصِّفاتِ الوِراثيّةَ نَفْسَها. فإذا أصابَ إحداها مَرَضٌ، فقد يُصيبُ الأُخرَ أيضًا. وانعِدامُ التّنوُّعِ هذا هو مُشكلةٌ أساسيّةٌ في التكاثُرِ اللّاجِنْسِيّ.

البَصَلاتُ الجديدة

تحوي البَصَلاتُ غِذاءً مَخزونًا في أوراقٍ حَرْشَفيّةٍ لَحيمةٍ مُتراصّةٍ فوقَ قُرْصٍ قاعِديّ. وبِنُمُوِّ البَصَلةِ الغَريسةِ، تكوِّنُ حَوْلَ قاعدَتِها بُصَيلاتٍ جديدةً.

بَصَلةُ نَرجِس وبُصَيلةٌ وليدة

الإنْتِشارُ بالأَرْآد (السُّوقِ المَدّادة)

يتكاثرُ العديدُ من النّباتاتِ بطريقتَيْنِ مُختلِفتَيْنِ في الوقتِ نَفْسِه. فالفريزُ (توتُ الأرض) مثلًا يَحمِلُ أزهارًا تُنتِجُ بُزورَها بالتكاثُرِ الجِنسيّ. كما إنّها تَمُدُّ سُوقًا أُفقيّةً تُدعى أرْآدًا (ج. رِئْد) تكوِّنُ نَباتاتٍ جديدةً بالتكاثُرِ اللّاجِنْسيّ. فكُلُّ ساقٍ زاحِفَةٍ تُنْبِتُ غُصَيْناتٍ عَكيسةً تتجذَّرُ تدريجيًا لتُصبِحَ نَباتاتٍ جديدة. فإذا تُرِكَتْ مَسْكَبةٌ من توتِ الأرضِ وشأنَها، فسُرعانَ ما تُغَطّي شَتَلاتُ الفريزِ (الفراولة) قِطعةَ الأرضِ بكامِلِها.



نَبْتةُ الفريز (الفراولة) الأُمّ

نَبْتةٌ عَكيسٌ (على السّاقِ المَدّادة)

لمزيدٍ من المعلومات انظُر

المُتعضِّياتُ الوَحيدةُ الخليّة ص ٣١٤
النُّمُوُّ والتّطوُّر ص ٣٦٢
حقائقُ ومعلومات ص ٤٢٢

التَّناسُلُ الجِنْسِيّ

في التَّناسُلِ الجِنْسيّ هُناكَ دائمًا والِدانِ يُنْتِجُ كُلٌّ منهُما أمْشاجًا (خلايا جنسيَّةً) بِها نِصْفُ العَدَدِ من الصِّبْغيّاتِ بالانقسام المُنَصِّف. ويُصبحُ العددُ كامِلًا عندما يَتَّحِدُ المَشيجُ الذَّكَريُّ (النُّطفةُ) بالمَشيج الأنثويّ (البُيَيْضة) لِتكوين اللاقِحَة (الزَّيْجُوت) - في ما يُعْرَفُ بالإخصاب. ومن اللاقِحة (الخليَّة المُخْصَبة) يَنْمُو مُتَعَضٍّ جديدٌ كامِل. التناسُلُ الجِنْسِيُّ أكثرُ تعقيدًا من التكاثُرِ اللّاجِنْسِيّ، لكنَّه يتميَّزُ بأفضَلِيّةٍ مُهِمَّة. فالوليدُ المُنْتَجُ جِنْسِيًّا فَريدٌ في خَصائصه بَدَلَ أن يكونَ مَثيلًا طبقًا لأحَدِ الوالِدَيْن. فأفرادُ هذا النَّسْلِ ذَوُو جَميعاتٍ فريدةٍ من الجِيْناتِ تحمِلُ مَزيجاتٍ كامِلةً جديدةً من الصِّفات الوِراثيَّة. وهٰذا يَعْني أنَّ بَعْضًا مِنها قد يَكونُ أكثرَ مُلاءَمةً لِلبيئة وأفْضَلَ تَهَيُّئًا لِصِراعِ البَقاء.



غطّاسان مُتوَّجان
(پُوديسِپْس كريستاتُوس)

اِجْتِذابُ القَرينِ والتَّزاوُج

قَبْلَ التَّزاوُج، تقومُ الغَطّاساتُ المُتوَّجَةُ بِسِلْسِلَةٍ من رَقَصاتِ التَّوَدُّدِ المُعَقَّدةِ لاجتِذابِ القَرين، وهذا النوعُ من السُّلوكِ شائعٌ بين العديدِ منَ الحيوانات، فهُوَ يُساعِدُ كِلا الشَّريكَيْنِ على التآلُفِ وضمانِ اختيارِ القَرينِ السَّليم، قَبْلَ التزاوُج.

تَزاوُجٌ بين أُفْعُوانَي جِبال كاليفورنيا المَلَكِيَّيْن
(لامْپروپِلْتس زُونانا)

الإخصابُ الدّاخليّ

يَتِمُّ التَّناسُلُ الجِنْسيُّ بِتَلاقي الخلايا الجِنْسيَّةِ الذَّكريَّةِ والأُنْثويةِ واتّحادِها؛ ويَحْصلُ ذلكَ بالتَّزاوُجِ في بعضِ أنواعِ الحيوانات. يَجري الإخْصابُ داخِليًّا في الأفاعي وكثيرٍ من الحيواناتِ البَرِّيَّةِ الأُخرى. فعندما يَتزاوجُ أفعوانان، يَحْقِنُ الذَّكَرُ نُطْفَتَهُ داخِلَ الأُنثى بحيثُ يَتِمُّ إخْصابُ البُوَيْضاتِ داخلَ جِسْمِها. إنَّ الحيواناتِ ذاتَ الإخصابِ الدّاخليّ تُنْتِجُ بُوَيْضاتٍ ونِطافًا أقلّ، لأنَّ إمكانيَّةَ تَلاقي هٰذه الأمشاجِ أكثرُ إحتِماليَّة.

الإخْصابُ الخارجيّ

في بعضِ الحيوانات، يَتِمُّ اتّحادُ البُيوضِ بالنِّطافِ خارجَ جِسْمِ الأُنثى، لكنْ لا بُدَّ من اجتماعِ القَرينَيْن. فأبو شَوكةَ الذَّكَرُ (جاستروستيوس أكيولِيتَس) يُعِدُّ عُشًّا تَضَعُ فيه الأُنثى بُيوضَها. ثُمَّ يُضيفُ الذَّكَرُ نِطافَهُ إليها. إنَّ مُعظَمَ الحيواناتِ ذاتِ الإخصابِ الخارجيّ تُنْتِجُ فَيْضًا من البُيوض لِضَمانِ أن يَتِمَّ إخْصابُ عدَدٍ وافِرٍ منها.

الطَّوْرُ البَوْغيّ

أبْواغٌ تُنْتَجُ بالانقسام المُنَصِّف

نابِتٌ بَوْغيٌّ جديدٌ يَبْدأُ بالنُّمُوّ.

الطَّوْرُ المَشيجيُّ الذَّكريُّ يُنْتِجُ نِطافًا.

الطَّوْرُ المَشيجيُّ الأُنثويُّ يُنْتِجُ بُوَيْضات.

الإخْصاب

الأجْيالُ المُتَعاقِبة

في بعضِ دَوراتِ النَّباتِ الحياتيَّةِ هُنالِكَ جِيلانِ مُختلِفانِ لِلنَّبْتة. ففي الطَّحالِبِ النَّبْتِيَّةِ لاميارْيا، يُنْتِجُ الجِيلُ "البالِغُ" (ويُدعى النّابِتَ البَوْغيّ) الأبْواغَ بالانقسامِ المُنَصِّف فتَنْشَأُ هذه نَباتاتٍ ذكريَّةً وأُنثويَّةً تُؤَلِّفُ الجيلَ المَشيجيَّ الذي يُنْتِجُ الأمْشاجَ (الخلايا الجنسيَّة). وهٰذه النِّطافُ والبُيوضُ تَتلاقى في الماءِ لإنتاجِ لاقِحَةٍ تَنْمُو إلى نابِتٍ بَوْغيٍّ (الجيلِ البوغيّ)؛ وهكذا تَبْدأُ الدَّوْرةُ من جديد، وتَتعاقَبُ الأجيال.

لِمزيدٍ من المعلوماتِ انْظُر

اللّازَهْرِيّات ص ٣١٦
النَّباتاتُ الزَّهْرِيَّة ص ٣١٨
الأسْماك ص ٣٢٦
الزَّواحِف ص ٣٣٠
الطُّيور ص ٣٣٢
الخَلايا ص ٣٣٨
الوِراثِيّات (عِلْمُ الوِراثة) ص ٣٦٤
التَّناسُلُ البَشَريّ ص ٣٦٨
حَقائقُ ومَعلومات ص ٤٢٢

في أزهارِ الرَّبيعِ "النُّسالِيَّة" الأسْدِيَةُ ومآبِرُها (التي تَحمِلُ غُبارَ الطَّلْع) عالِيةٌ، والسِّمَةُ (ومِدَقَّتُها) قَصيرةٌ خَفيضة.

في أزهارِ الرَّبيعِ "الدَّبُّوسِيَّة"، السِّمَةُ ومِدَقَّتُها (عضوُ التأنيث) طَويلةٌ عالِيةٌ والأسْدِيَةُ قَصيرةٌ خَفيضة.

تحقيقُ الإخْصابِ التَّهجينيّ

يَحمِلُ الكثيرُ من النَّباتاتِ كِلا الأعضاءِ الذَّكَريَّةِ والأُنثويَّةِ في أزهارِها. فيُمْكِنُها أحيانًا إخْصابُ نَفْسِها، لكنَّها في الغالِبِ مُهايأةٌ وَضْعيًّا لِتحقيقِ الإخْصابِ التَّهجينيّ (أي الإخْصاب بخلايا جنسيَّةٍ من نَبْتةٍ أُخرى من النَّوعِ نَفْسِه). والإخصابُ التهجينيُّ أكثرُ نَفْعًا لأنّه يَجعلُ النَّسْلَ أكثرَ تغايُرًا. فأزهارُ الرَّبيع (پْريمُولا فُلْجارِس) ذاتُ ضَرْبَيْنِ من الأزهار، لا تَحمِلُ النَّبْتةُ الواحِدةُ إلّا ضَرْبًا واحِدًا منهما. والخلايا الجنسيَّةُ في كُلٍّ تختلِفُ وَضْعًا وتتفاوَتُ نُضْجًا بحيثُ تَكْفُلُ التأبيرَ المُختلِطَ فقط.

الخَلايا الجِنْسيَّة

الخَلايا الجِنْسيَّةُ (الأمْشاجُ أو الأعراس) تَحوي نِصْفَ كمِّيَّةِ المادَّةِ الوِراثيَّةِ في الخلايا العاديَّة. وهي مُهايأةٌ خِصِّيصًا لِتحقيقِ الاتّحادِ فيما بينَها. في بعضِ النَّباتاتِ والحيوانات الخلايا الجِنسيَّةُ مُتماثِلةُ الحَجْم؛ لكنَّ الخليَّةَ الجِنسيَّةَ الأُنثويَّة، في الغالِب، أكبَرُ بكثيرٍ من الخليَّةِ الذَّكَريَّة. والخلايا الجِنسيَّةُ الأُنثويَّةُ (البُيوضُ أو البُيَيْضات) تَستقِرُّ في مَوقعٍ واحِد، فيما الخلايا الجِنسيَّةُ الذَّكَريَّةُ (النِّطاف) تَسْبَحُ في اتّجاهِها.

الخلايا الجِنسيَّةُ الذَّكَريَّةُ والأُنثويَّةُ مُتماثِلةٌ في خَسِّ البَحْر (أولفا لاكْتوكا).

في النَّباتاتِ الزَّهْرِيَّةِ تُوجَدُ عِدَّةُ خلايا جِنسيَّةٍ أُنثويَّةٍ في كيسٍ جَنينيّ. أمّا الخلايا الذَّكَريَّةُ فتوجَدُ في حُبوبِ اللِّقاح.



في مُعظَمِ الحيوانات، البُوَيْضةُ أكبَرُ من النُّطْفةِ بكثير.

التَّناسُلُ البَشَرِيّ

أنتَ، كَكُلِّ كائِنٍ بَشَرِيٍّ في هذه المَعمُورة، بَدَأتَ حَياتَكَ كخَليَّةٍ مُخَصَّبَةٍ (زَيْجُوت) تكوَّنَتْ من اتِّحادِ نُطْفَةٍ من نِطاف والِدِكَ (خَلاياه الجِنسيَّة) بِبُيَيْضةٍ (بُوَيضَةٍ) في أُنبوبٍ مُتَّصِلٍ بِرَحِم أُمِّكَ - يُدعَى أُنبوبَ فالوپ. ثمَّ بَدَأ تغيُّرُ الخليَّةِ المُخَصَّبَةِ مُباشرةً، فأخذَتْ تَنْقَسِمُ فَتيليًا، ثُمَّ استقرَّتْ في بِطانةِ الرَّحِم - حيثُ تابعَتْ انقِساماتِها الخَلويَّة مِرارًا وتكرارًا مُغتذِيةً من دَمِ والِدَتِكَ، بينما جِسْمُكَ يتشكَّلُ بِبُطْءٍ. وبَعْدَ تِسْعَةِ أَشْهُرٍ من الحَمْلِ في دِفْءِ رَحِم أُمِّكَ وظُلْمَتِهِ، أصبَحْتَ جاهِزًا لأَنْ تُولَدَ.

مُنذ بِدايات مَرحلةِ البُلُوغِ، تُحْدِثُ الهُرْموناتُ الجِنسيَّةُ تغيُّراتٍ في جِسْمِ الذَّكر. فيكْتَمِلُ نُمُوُّ الأعضاءِ التناسُليَّة، ويبدأُ شَعْرُ الوَجهِ بالظهور.

الصَّفَن

تُولَدُ الأُنثى بعَدَدٍ مُحَدَّدٍ من البُوَيْضَات، لكنَّ الرَّجُلَ يُنْتِجُ دَوْمًا نِطافًا جَديدةً.

المَثانَة

المُوثة (غُدَّة البِرُوسْتات)

خُصْيَة

خُصْيَة

القَضيب

الأعضاءُ التناسُليَّة في الذَّكَر

تُنْتَجُ الخَلايا الجنسيَّةُ الذَّكَرِيَّةُ، أو النِّطافُ في الخُصْيَتَيْن. وخِلالَ الجِماعِ تَمْتَزِجُ النِّطافُ بِسائِلٍ من غُدَّةِ البِروسْتات تَسْبَحُ فيه، فيُمكِنُها الوصولُ إلى البُوَيْضةِ داخِلَ رَحِم المرأة.

بَعْدَ الولادَة يُفْرِزُ ثَدْيا الأُمِّ اللَّبَنَ (الحليب) لِتَغْذِيَةِ الوَليد.

المَبيضَان يُخْتَزِنان البُيَيْضاتِ، ويُطْلِقانِ الهُرْموناتِ لِلتَّحَكُّم في دَورةِ المرأةِ التَّناسُليَّة.

تَدورُ الهُرْموناتُ الجِنْسيَّةُ في الدَّم، فتُهايِئُ جِسْمَ المرأةِ لِتَدَبُّرِ شُؤونِ الجَنينِ النَّامي.

الأعضاءُ التناسُليَّة في الأُنثى

بُويضاتُ المرأةِ تُخْتَزَن في المَبيضَيْن. وهُما، بَدْءًا من عُمْرٍ يُقارِبُ ١٣ سنة، يُطْلِقانِ مُداورَةً بُويضةً واحدةً كُلَّ ٢٨ يومًا.

تَتَشكَّلُ البُيَيْضةُ الآنَ كُرَةً مُجَوَّفةً من الخلايا؛ تَقْبَعُ في بِطانةِ الرَّحِم وتَنْمُو تَدريجيًّا إلى مُضْغَةٍ ثُمَّ إلى جَنين.

تبدأُ البُيَيْضةُ المُخَصَّبَةُ انقِسامًا فَتيليًّا سريعًا.

تُخَصَّبُ البُيَيْضةُ بِنُطْفَةٍ سابِحَةٍ صُعُدًا في أُنبوبِ فالوپ.

تُساقُ البُيَيْضةُ عَبْرَ البُوق وتَنْتَقِلُ على طولِ أُنبوبِ فالوپ.

الجُرَيْبُ الفارِغُ يُنْتِجُ هُرمونًا يُهايِئُ بِطانةَ الرَّحِم لاستِقبال البُوَيْضة.

كُلَّ حوالى ٢٨ يومًا، تُطْلَقُ بُيَيْضَةٌ يانِعةٌ (ناضِجة) من فُقَّاعةٍ مَبيضيَّةٍ تُدعى الجُرَيْب.

المَبيضَانِ يَتناوبانِ إنتاجَ بُيَيْضَةٍ واحِدةٍ كُلَّ شَهر.

تَتَنشَّأُ بِطانةُ الرَّحِم كُلَّ شَهرٍ لاستِقْبالِ البُوَيضة؛ فإذا لمْ تَكُنْ مُخَصَّبةً، تتفكَّكُ بِطانةُ الرَّحِم وتُطْرَدُ من الجِسْمِ بالحَيْض (الطَّمْث).

تَسْبَحُ النِّطافُ إلى داخِلِ الرَّحِم عَبْرَ فَجْوَةٍ دقيقةٍ في عُنُقِه.

يَضُمُّ المَهْبِلُ القَضيبَ أثناءَ الجِماعِ بحيثُ تُقْذَفُ النِّطافُ أقربَ ما يُمكِنُ إلى البُوَيْضة. والمَهْبِلُ أيضًا هو القناةُ التي يَمُرُّ الطِّفْلُ عَبْرَها عندَ الولادة.

بِطانةُ رَحِم الأُمّ

هُضَيمُ خلايا الأُم يُوَفِّرُ المُغَذِّيات.

مِنْ هذه الخلايا تَتَنشَّأُ المَشيمَةُ والحَبْلُ السُّرِّيّ.

من هذه الخلايا يَتَنشَّأُ الجَنين.

هذا التَّجويفُ المَليءُ بالمائعِ يُصْبِحُ تجويفَ السَّلَى يَمْلَؤه الصَّاءُ (سائِلُ السَّلَى)؛ وهو "الماء" الذي يَطْفو فيه الجَنين.

الرَّحِم

الرَّحِمُ عُضْوٌ يُغَذِّي الجَنينَ ويُؤويه. وتَنْمُو بِطانةُ الرَّحِم لِتُغَذِّي البُيَيْضةَ المُخَصَّبَةَ أوَّلًا، ثمَّ المُضْغَةَ، وتالِيًا الجَنين. والرَّحِمُ نَفْسُها عَضَليَّةٌ جِدًّا - فَفيها أقوى عضَلاتِ الجِسْمِ البَشَريّ. وهٰذِه تَدْفَعُ الطِّفْلَ في المَخاضِ بِمُساعدةِ عضَلاتٍ أُخرى في بَطنِ الأُمّ وصَدْرِها.

الانْغِراس

عندما تَسْتَقِرُّ البُيَيْضةُ المُخَصَّبَةُ على جِدار الرَّحِم تبدأُ بتفكيكِ بعضِ خلايا الأُمّ، وتَغْتَذي بها بِدايةً. وهي تالِيًا تَحْصُلُ على الأكسجين والمُغَذِّيات من دَم الأُمّ عَبْرَ عُضْوٍ إسفَنْجيِّ النَّسْجة يُدعى المَشيمَةَ (السُّخْد). ويَصِلُ المَشيمَةَ بالجَنين حَبْلٌ طويلٌ يُدعى الحَبْلَ السُّرِّيّ؛ وهو يَضُمُّ أوعيةً دَمَويةً تَحْمِلُ إلى الجَنين المُغَذِّياتِ والأكسجين وتُخَلِّصُهُ من الفَضَلات. وتُنْتِجُ المَشيمَةُ أيضًا هُرموناتٍ خِلالَ فَتْرةِ الحَمْل.

التَّغيُّراتُ أثناءَ الحَمْل

يَشْغَلُ الجَنينُ المُتنامي بادِئَ الأمرِ حَيِّزًا صَغيرًا داخِلَ الرَّحِم؛ لكنَّهُ في شَهرِه التاسِعِ يَملأُ الرَّحِم بكامِلِها - ضاغِطًا مَعِدَةَ الأُمّ وحِجابَها الحاجِز. ويتكيَّفُ جَسَدُ الأُمّ مع هذه التَّغيُّرات، فيَضُخُّ قَلْبُها مَزيدًا من الدَّم لِتَغذِيةِ الجَنينِ النَّامي؛ وهي تتناوَلُ كَمِّيّاتٍ أكثَرَ من الطَّعام لِتَوفيرِ غِذائه. ويتزايَدُ حَجْمُ الثَّدْيَيْن استِعدادًا لإرضاعِ الطِّفْلِ بَعْدَ الوِلادة. كما تُعِدُّ الأُمُّ نَفْسَها ذِهْنيًّا لاستِقبالِ الطِّفْلِ الجديد.

يبدأُ الثَّدْيان دَرَّ اللَّبَن (الحليب) بَعْدَ الوِلادة بِوَقتٍ قَصير.

قُبَيْلَ الوِلادَة، الجَنينُ في الغالِب مَقلوبٌ رَأْسًا على عَقِب، والذِّراعانِ والرِّجْلانِ مُنْضَمَّةٌ قُرْبَ الجِسْم.

يَنْقُلُ الحَبْلُ السُّرِّيُّ الدَّمَ من الجَنينِ إلى المَشيمَة.

الإرْضاع

يَغْتَذي مُعْظَمُ صِغارِ اللَّبُونات بِاللَّبَنِ من أثداءِ أُمَّهاتِها. يَحوي لَبَنُ الأُمِّ مَزيجًا من المُغَذِّياتِ سَهْلَ الهَضْم وكامِلَ التَّوازُنِ والمُلاءَمةِ لِتَغذِيةِ الطِّفْل - إضافةً إلى أنَّه مُتاحٌ بِسُهولةٍ ويُسْر.

لِمَزيدٍ من المَعلومات انْظُر

اللَّبُونات ص ٣٣٤
الرَّئيسات ص ٣٣٦
النُّمُوّ والتَّطَوُّر ص ٣٦٢
الوِراثيّات (عِلْمُ الوِراثة) ص ٣٦٤
التَّناسُلُ الجِنْسيّ ص ٣٦٧

البيئيّات

البيئةُ هي مُجمَلُ الظُّروفِ الطبيعيَّةِ الخارجيَّة والبيولوجيَّة التي تعيشُ فيها الكائناتُ الحَيَّة، والبيئيَّاتُ علمٌ يدرُس هذه الكائناتِ في بيئاتِها الطبيعيَّةِ مُجملًا وتفصيلًا. فبدراسة بيئة الحيوان يتسنَّى لِعُلَماء البيئةِ تفهُّم دواعي تَصرُّفِ الحيوان على نحوٍ مُعَيَّن. لكنَّ البيئيَّاتِ لا تزالُ عِلمًا «جديدًا» والعالَمُ الطبيعيُّ بالِغُ التعقيد. والبيئيُّونَ على درايةٍ بِوُجود المَشاكِل، لكِنَّهم لا يُدرِكون بشكلٍ جازمٍ مقدارَ خُطورتها ولا كيفيَّةَ مُعالَجتِها.

الطَّقسُ أحدُ عوامِلِ بيئة الأرنب؛ وعلى الأرنبِ العَيشُ في الظُّروفِ المختلِفةِ لهذه البيئة. فهو بحاجة إلى هواءٍ نظيف للتنفُّس وإلى ماءٍ نقيٍّ للشُّرب.



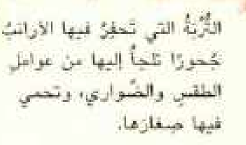
حيواناتٌ تتطفَّلُ خارجيًّا على فروة الأرنب كالبراغيث، أو مُتعضِّياتٌ تتطفَّلُ عليه داخليًّا كالبكتِريا.

حيواناتٌ تفترسُ الأرانبَ كالثعالبِ والقاقُم (من ضُروب بَنات عِرْس)

بيئةُ الأرنَب

الظروفُ التي يعيشُ فيها الحيوانُ، وأنواعُ الحيواناتِ والنَّباتاتِ التي تستوطِنُ مِنْطقته، تؤثِّرُ كُلُّها في حياتِه الخاصَّة. لذلك، عندما يدرسُ البيئيُّون بيئةَ حيوانٍ كالأرنبِ فإنَّهم يدرُسون كُلَّ شيءٍ حيٍّ أو غيرِ حيٍّ ذي علاقةٍ بها. وهذا يَشْمَلُ الحيواناتِ الضَّارِيَةَ التي تَقْنِصُه والطعامَ الذي يَغتذي به والأرانبَ الأخرى، والطَّقسَ والهواءَ والتُّربةَ في تلك البيئة.

نباتاتٌ يقتاتُ بها الأرنبُ كالعُشب والهِنْدباء البريَّة والبرسيم.



التُّربةُ التي تحفِرُ فيها الأرانبُ جُحورًا تلجأُ إليها من عوامِلِ الطقسِ والضَّواري، وتحمي فيها صِغارَها.



حيواناتٌ أخرى تعيشُ في الموقِع نفْسِه كديدان التُّربة

الأرانبُ الأُخرى التي تعيشُ جماعاتٍ في مَرْبَضٍ واحدٍ (مُتعدِّدة الجُحور) والأرانبُ تتزاوجُ لِتُنتِجَ مزيدًا من الأرانب، وتتعاونُ فيما بينها من أجلِ البقاء.

حيواناتٌ أخرى، كالسَّناجيب والفئران، تغتذي بالغذاء نفسِه الذي يقتاتُ به الأرنب.

البيئةُ البشَريَّةُ

الإنسانُ، بخلافِ سائرِ الحيوانات الأخرى، قادرٌ على تغيير بيئتِه لِتتلاءَم مع نَمَطِ عيشِه؛ وقد يُلحِقُ ذلك ضررًا بالنباتاتِ والحيوانات الأخرى فيها. البيئيَّاتُ البشريَّةُ عِلمٌ يَبحثُ في كيفيَّةِ تغييرِ البَشَرِ لِبيئتِهم، ومدى تأثيرِ هذه التغييراتِ في البَشَرِ أنفُسِهم.



إرنسْت هيكل

كانَ البيولوجيُّ الألمانيّ، إرنسْتْ هيكل (١٨٣٤-١٩١٩) أوّلَ من استخدمَ كلمةَ إيكولوجيّة (البيئيّات) عام ١٨٦٩. وعرّفها بأنّها «دراسةُ الاقتصادِ البيْتيّ الأسَريّ للمُتعضِّيات الحيوانيّة». كانَ هيكل من مُؤيِّدي نَظَريَّةِ داروِن لِلتطوُّر بالانتخاب الطبيعي. وظَلَّتْ أفكارُه عن البيئيّات مَنسيّةً حتى حوالَي العام ١٩٠٠ حين بَدأَ البيولوجيُّون يَدرسونَها بجِدّيَّة.

تَجميعُ الحقائق والأرقام

المَعلوماتُ التي يحتاجُ البيئيُّون إلى تجميعِها تَنطوي على الكثير من الإحصاءِ والوَزْنِ والقِياس - على اليابسة وتحتَ الماء. أحيانًا تُغذَّى الحَواسيبُ بهذه الأرقام لاحتساب ما يُمكنُ أنْ تُحدِثَه تغييراتٌ مُعيَّنةٌ في مِنطقةٍ ما. ومن ثَمَّ يقدِّمُ البيئيُّون إرشاداتٍ إلى الناس حَوْلَ أفضلِ السُّبُلِ لِمُعالجة بيئتِهم.





الغِلافُ الحَيَويّ

الأرضُ نظامٌ بِيئيٌّ مُعقَّد - والأجزاءُ التي تَسكُنها الكائناتُ الحيَّة منها، برًّا وبحرًا وجوًّا، تُؤلِّفُ الغلافَ الحَيَويّ. هذا الغِلافُ مَحدودُ النِّطاق يمتدُّ قليلًا (نِسبيًّا) فوقَ سَطحِ الأرض وتَحتَه. يتألَّفُ المَوطِنُ الأحيائيُّ من نُطُقٍ بَيِّنَةٍ، لها خصائصُها المُناخيَّةُ والتُّربيَّةُ والجماعاتُ الأحيائيَّةُ من نباتٍ وحيَوان، تُعرَفُ بالنُّظُم أو المَنظومات البِيئيَّة. وتَشمَلُ المَنظومةُ عِدَّةَ أجزاءٍ مُترابطَةٍ ومُتكامِلةٍ بشَكلٍ يضمَنُ استمراريَّتها. وهي رُغمَ تميُّزِها ليسَتْ مُغلَقةً - فالشمسُ والمَطرُ يدخُلانِها، والماءُ ينْصرِفُ منها، والمُغذِّياتُ تأتيها وتُغادِرها عبرَ التُّربة، وبُزورُ النَّبتِ والحيواناتُ تجيءُ إليها وتذهَب.



المَجال

المَجالُ مَوقِعٌ يَشغَلُه الكائنُ الحيُّ في نِظامٍ بِيئيّ، يشمَلُ مكانَ عَيْشِه ونَوعَ مأكلِه ومَشرَبِه وطرائقَ سُلوكِه وعَلاقتَه بالكائنات الحيَّة الأُخرى. ويُطلِقون على مَجالِ النوعِ أحيانًا «المَشْغَل».

المَوطِن

المَوطِنُ هو المَثْوى الطبيعيُّ لِجماعةٍ من النَّبات والحيوان تُسمَّى جاليَة. أحيانًا يُدعى المَوطِنُ البِيئيُّ «مَوقِعَ» النَّوع؛ وهو يَحوي العديدَ من المَجالات؛ فمُجتَمَعُ الشَّجرِ مثلًا مَوطِنٌ.

المَنظوماتُ كَبيرةٌ وصَغيرة

النِّظامُ البِيئيُّ قد يَكبُرُ كالمُحيط، أو تَصغُرُ مَنظومتُه كقَطرةِ مَطرٍ فوقَ ورقةِ نبات. وفي كِلا الحالَين تَتميَّزُ المَنظومةُ البِيئيَّةُ عَمّا حَولَها من نُطُق، وتَضُمُّ مَجموعاتٍ من الكائناتِ الحيَّة تتفاعلُ وتتأثَّرُ واحِدتُها بالأُخرى. فالشجرةُ المُفرَدةُ مَنظومةٌ بِيئيَّةٌ كما الغابةُ الضَّخمة. حتّى الجِلدُ البَشريُّ يُمكِنُ دِراستُه كنِظامٍ بِيئيٍّ مُستَقِلٍّ تعيشُ عليه مُستَعمَراتٌ من البكتيريا والقَمْل.

النِّظام أو المَنظومةُ البِيئيَّة

النِّظامُ البِيئيُّ مِنطقةٌ مُتكامِلةٌ في الغِلافِ الحَيَويِّ تحوي كائناتٍ حيَّة؛ وهو يَشمَلُ الصخورَ والتُّربةَ التحتيَّةَ وسَطحَ الأرضِ والهواءَ فوقَه؛ ويَضُمُّ عِدَّةَ مَواطِنَ - فالغابةُ مثلًا نظامٌ بِيئيّ. أمّا النُّظُمُ البِيئيَّةُ الكُبرى، كالغاباتِ المَطيرةِ والصَّحاري، فتُدعى حَيُومات.

وَحداتٌ ضِمنَ الغِلافِ الحَيَويّ

يُقَسِّمُ البِيئيّون الغلافَ الحَيَويَّ إلى وَحداتٍ أصغرَ لِتَيسيرِ دِراستِه. فيُمكِنُ حينئذٍ مُواءمةُ المَعلوماتِ لِتَنسَجِمَ معًا في صورةٍ أشمَل. ويُمكِنُ دِراسةُ النِّظامِ البِيئيِّ كمجموعٍ، أو دِراسةُ الكائناتِ الحيَّةِ فيه إفراديًّا.



الغِلافُ الحَيَويّ

يُغطّي الغِلافُ الحَيَويُّ كامِلَ سَطحِ الأرض برًّا وبحرًا وجوًّا فهو القِسمُ الحيّ من كوكبِنا؛ ويحوي نُظُمًا بِيئيَّةً مُختلِفةً عديدة.

الأرض

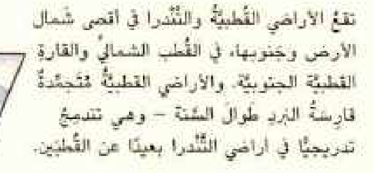
الأرضُ هي الكوكبُ الأوحدُ المَعروفُ بِوُجودِ الحياةِ عليه. وتتميَّزُ الأرضُ بجَوٍّ يَحوي العناصِرَ الضروريَّةَ لِبقاءِ الكائناتِ الحيَّة، كما يَحمي سَطحَ الكوكبِ من الأشِعَّةِ المُؤذيَةِ في إشعاعاتِ الشَّمس.

جيمْس لَفْلُوك

العالِمُ البريطانيّ، جيمْس لَفْلُوك (١٩١٩-)، تَقدَّمَ بما يُدعى «فَرَضيَّةِ جايا» في السبعينيّات من القَرْنِ العِشْرين - و«جايا» مُصْطلحٌ يونانيٌّ قديم بمعنى «الأرض الأم» أو «إلاهة الأرض». فَبَعْدَ أنْ درسَ لَفْلوك جَوَّ المِرِّيخ، بدأ دِراسةَ جَوِّ الأرض، وارتأى أنَّ الجَوَّ يُنظِّمُه الغلافُ الحيَويُّ، مُعتبرًا أنَّ جميعَ الكائناتِ الحيَّةِ على الأرض تَعملُ كجُزءٍ من كائنٍ واحدٍ يستطيعُ تغييرَ بيئتِه لتتلاءمَ مع احتياجاتِه. فالجايا تُؤمِّنُ الظروفَ المُلائمةَ لِبقائها الذاتيّ، حتّى ولو جَعلَ بَنُو البَشرِ الأرضَ غيرَ مُلائمةٍ لِبقائهم.

النُّظُمُ البيئيَّة في العالَم

تتوزَّعُ النُّظُمُ البيئيَّةُ على سَطحِ الأرضِ حَسَبَ المُناخِ بصُورةٍ رئيسيَّة. وتتفاوتُ النُّطُقُ المُناخيَّةُ المُختلِفَة بين القارسِ والجافِّ في مِنطقتَي القُطبَين، والحارِّ والرَّطبِ في المِنطقةِ الاستوائيَّة. وقد تأقلمت النباتاتُ والحيواناتُ مع الظُّروفِ المُناخيَّة، وترافقَتْ معًا لتكوِّنَ جماعاتٍ وحالياتٍ مُختلِفة. وتؤدِّي كُلُّ «جاليةٍ» دورًا مُعيَّنًا ضِمنَ نِظامِها البيئيِّ خِلالَ تنافُسِها على المَوارِدِ الضَّروريَّةِ من أجلِ البَقاء.



تقعُ الأراضي القُطبيَّةُ والتُّندرا في أقصى شَمال الأرضِ وجَنوبها، في القُطبِ الشماليِّ والقارةِ القطبيَّةِ الجنوبيَّة. والأراضي القطبيَّةُ مُتجمِّدةٌ قارسةُ البَردِ طَوالَ السَّنة – وهي تندمِجُ تدريجيًّا في أراضي التُّندرا بعيدًا عن القُطبَين.

السَّواحِلُ البَحريَّةُ بِنصفُها برٌّ وبِنصفُها بَحر. وهي تشكِّلُ نظامًا بيئيًّا دائمَ التغيُّر يتواجَدُ حَوْلَ حَوافِّ جميعِ القارّات.

تَحُلُّ المُدُنُ والمُنشآتُ الحَضَريَّةُ مكانَ المَواطِنِ الأصليَّةِ للحياةِ البرِّيَّة. فتتكيَّفُ هذه مع البيئةِ الجديدة، وهي أدفأُ وأقلُّ تعرُّضًا للرِّيحِ من الرِّيفِ المُحيط.

تُوجَدُ الجِبالُ في جميعِ القارّات. وهي تشمَلُ مُعظَمَ النُّظُمِ البيئيَّةِ الرئيسيَّة لأنَّ الظروفَ المُناخيَّةَ تتبايَنُ على الارتفاعاتِ المُختلِفة.

الأنهارُ والبُحيراتُ مَنظوماتٌ بيئيَّةٌ من المِياهِ العَذْبة، مُتواجِدةٌ في مُعظمِ مَناطِقِ العالَم.

السُّهوبُ المَرجيَّةُ في آسيا وإفريقية والأمريكتَين الشماليَّةِ والجنوبيَّةِ بِمساحاتٍ شاسعةٍ من الأراضي تُنبِتُ العُشبَ بصورةٍ رئيسيَّة.

تؤلِّفُ المُحيطاتُ أكبرَ الأنظمةِ البيئيَّةِ على الإطلاق. وهي جميعُها مُتَّصِلةٌ معًا.

تَنتشِرُ الغاباتُ المَطيرةُ المداريَّةُ في الأمريكتَين الوُسْطى والجنوبيَّةِ وإفريقيةَ الوُسْطى وجَنوبِ شَرقِ آسيا وشَماليِّ أُستراليا. وهي غالبًا قريبةٌ من خَطِّ الاستواءِ فتظَلُّ حارَّةً ورَطْبةً معظَمَ أيامِ السَّنة.

أمريكا الشمالية
أوروبا
آسيا
أمريكا الوسطى
إفريقية
إندونيسيا
أمريكا الجنوبية
أستراليا
نيوزيلندا

غاباتُ المناطقِ المُعتدِلة تحوي الصَّنوبريّاتِ والأشجارَ العريضةَ الوَرَق. وتُوجَدُ في المناطقِ المُعتدِلةِ الحرارةِ والبرودةِ حيثُ تتساقطُ الأمطارُ بانتِظامٍ مُعظمَ أيامِ السَّنة.



الصَّحاري في مُعظمِها حارَّةٌ شحيحةُ المَطَر جدًّا. وتوجَدُ في الأمريكتَين الشماليَّةِ والجنوبيَّةِ وآسيا وإفريقيةَ وأستراليا.

المَناطِقُ الرَّطْبةُ تشمَلُ المُستنقَعاتِ العَذبةَ والمالحة (السَّبخات). وهي موجودةٌ في جميعِ القارّاتِ عدا القارَّةِ القُطبيَّةِ الجنوبيَّة.

حُدودُ الأنظمةِ البيئيَّة

يختلِفُ النِّظامُ البيئيُّ عن مُحيطِه بشكلٍ ما، إذ يؤلِّفُ مُحيطُه جزءًا من أنظمةٍ بيئيَّةٍ أخرى. بعضُ الأنظمةِ البيئيَّةِ ذاتُ حُدودٍ مُتميِّزة – كالحُدودِ بين غابةٍ وبُحيرة. والمَواطِنُ والمَجالاتُ البيئيَّةُ تتغيَّرُ فجأةً، لكنَّ الكثيرَ من الأنظمةِ البيئيَّةِ تتداخَلُ وتندمِجُ معًا وتؤلِّفُ مِنطقةَ الاندِماج هذه مَنظومةً بيئيَّةً انتِقاليَّةً تختلطُ فيها النباتاتُ والحيواناتُ من كِلا النِّظامَين البيئيَّين.

لمزيد من المعلومات انظر
المُناخ ص ٢٤٤
الجوّ ص ٢٤٨
الأرض ص ٢٨٧
دوراتٌ في الغِلافِ الحيويّ ص ٣٧٢

التَّعاقُب

تنمو الجَماعاتُ وتتزايدُ حتى تبلغَ وَضعًا مُستقِرًّا يُوصَفُ بأَوجِ المَجموعةِ البيئيَّة. تُدعى عمليَّةُ التحوُّلِ من نِظامٍ بيئيٍّ، كَسهبٍ عُشبيٍّ، إلى غابةٍ مثلًا تعاقبًا أوَّليًّا. أمّا إذا دُمِّرَ النِّظامُ البيئيُّ طبيعيًّا أو بفِعلِ الإنسان، واستعادَ وضعَه السالِفَ فهو تعاقبٌ ثانويّ.

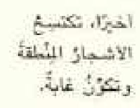




الحيواناتُ الرّاعيةُ تُبقي السُّهوبَ العُشبيَّةَ على حالِها، لأنها تأكُلُ باذراتِ الشَّجر.



إذا تناقصَ عددُ الحيوانات، فقد تَنبُتُ الأشجارُ وتنمو، فتَحجُبُ ضوءَ الشَّمسِ عن العُشب.



أخيرًا، تكتسِحُ الأشجارُ المِنطقةَ وتكوِّنُ غابة.

دَوراتٌ في الغِلافِ الحَيَويّ

رُبَّما كان بعضُ جِسمِكَ فيما مَضى جُزءًا من دينوصُور! ذلك لأنَّ موادَّ جَسَدِكَ الأساسيَّةَ قد أُعيدَ تَدويرُها مرّاتٍ عديدةً، فاستخدَمَتْها حيواناتٌ ونباتاتٌ أُخرى قَبلَ أن تُصبحَ جُزءًا منك. فالكائناتُ الحيَّةُ تأخذُ الماءَ والكربونَ والنّتروجينَ والأكسجينَ وتستخدِمُها لِتَعيشَ وتنمو. ولَو كانت هذه الموادُّ تُستخدَمُ لمرَّةٍ واحدةٍ فَقَطْ لَكانت نَفِدَتْ مُنذُ أزمان. إنَّ جميعَ الحيَواناتِ والنباتاتِ تتنَفَّسُ وتنمو، ومَصيرُها أنْ تموتَ وتَنحَلَّ. وبانْحِلالها تَنطلِقُ موادُّ أجسادِها إلى الغِلافِ الحَيَويِّ لِيُعادَ استِخدامُها.

ثاني أُكسيد الكربون في الجوّ.

تَلْفِظُ النباتاتُ ثاني أُكسيد الكربون أثناء التنفُّس.

تأخذُ النباتاتُ الخضراءُ ثاني أكسيد الكربون في عمليّةِ التخليقِ الضَّوئيّ.

تَزْفِرُ الحيواناتُ ثاني أُكسيد الكربون.

رَوْثُ الحيواناتِ يحوي الكربون.

الحيواناتُ تأكلُ النباتاتِ، وتستَهْلِكُ كربونَها.

النباتاتُ والحيواناتُ تَموتُ وتَنْحَلُّ أجسادُها.

الحالاّتُ (المُفكِّكاتُ) كالديدانِ والبكتريا والفُطْرِ تَلْفِظُ ثاني أكسيد الكربون باغتِذائها وتنفُّسِها.

دَورةُ الكربون

عُنصُرُ الكربونِ أساسُ أجسامِ الكائناتِ الحيَّةِ كُلِّها. وهو أصلاً من مُكوِّناتِ ثاني أكسيد الكربونِ في الجوّ. النباتاتُ الخضراءُ وبعضُ البكتريا تأخذُ ثاني أُكسيد الكربون من الجوّ لِتَصنيعِ غِذائها، والحيواناتُ تأكُلُ النباتاتِ فتأخذُ الكربونَ. ويُعادُ هذا الكربونُ إلى الجَوّ كثاني أكسيد الكربون في تنفُّسِ الكائناتِ الحيَّةِ أو في فَضَلاتِها أو حينَ تموتُ وتنحَلُّ أجسادُها.

التَّسَمُّمُ بالرَّصاص

الأدخِنَةُ المُنبَعِثةُ من السيّاراتِ أثناءَ حَرَكةِ السَّيرِ تُطلِقُ ما يَزيد على ٢٢٥،٠٠٠ طن من الرَّصاصِ في الجوّ كُلَّ سَنَة. هذا الرَّصاصُ يَمتَزِجُ بالهواء ويَمتَصُّه البَشَرُ والحيواناتُ الأخرى فيُسَمِّمُ أجسادَهُم. والأطفالُ بخاصَّةٍ هُم الأكثرُ تضرُّرًا بِهذا الخطر.

في الليل، تأخذُ النباتاتُ الأكسجينَ وتلفِظُ ثاني اكسيد الكربون.

الأكسجينُ في الجوّ

في النهار، تأخذُ النباتاتُ ثاني أكسيد الكربون وتلفِظُ الاكسجينَ في عمليّةِ التخليقِ الضَّوئيّ.

تتنفَّسُ الحيواناتُ الأكسجينَ وتَزْفِرُ ثاني اكسيد الكربون.

ليْل نَهار

دَورةُ الأُكسِجين

تأخذُ الكائناتُ الحيَّةُ الأكسجينَ من الهواء، وتستخدِمُه لإطلاقِ الطاقةِ من الأغذيةِ التي تأكلُها. وقد تستخدِمُه أيضًا مع الكربونِ والهدروجين والنّتروجين لابتِناءِ جُزيئاتٍ جديدةٍ في أجسامِها. ويُعادُ إطلاقُ الأكسجين إلى الجوّ من النباتاتِ الخضراءِ خلالَ عمليّةِ التخليقِ الضَّوئيّ، ومن النباتاتِ والحيواناتِ كجُزءٍ من ثاني أكسيد الكربون في عمليّةِ التنفُّس.

الحُمُوُّ العالَمِيّ

إحراقُنا الزُّيوتَ والفَحْمَ والحَطَبَ يُطلِقُ ثاني أكسيد الكربون إلى الجوّ. وقد غدا الفيضُ من هذا الغازِ يُؤلِّفُ «دِثارًا» مُكرَبَنًا حَولَ الأرضِ تعبُرُه مُعظَمُ الإشعاعاتِ القصيرةِ الأمواجِ الوارِدَةِ من الشَّمْس؛ لكنَّ مُعظَمَ الإشعاعاتِ الطويلةِ الأمواجِ المُنبَعِثةِ من الأرضِ عاجِزةٌ عن اختِراقِه - مِمّا سَبَّبَ، ولا يزال، التَّسَخُّنَ المُتزايِدَ في جوِّ الأرضِ (الحُمُوَّ العالَمِيَّ) بتأثيرِ «ظاهِرةِ الدَّفيئات».

تنْضَغِطُ الإشعاعاتُ الطويلةُ الأمواجِ مُتَرَدِّدةً بينَ سطحِ الأرضِ و«الدِّثارِ» المُكَربَن.



دورةُ النِّتروجين

جميعُ الكائناتِ الحيَّةِ تحتاجُ إلى النِّتروجين لِصُنْعِ البروتينات، لكِنَّ مُعظمَها لا يستطيعُ استخدامَ نتروجينِ الهواء مباشرةً. لذا ينبغي تثبيتُ النِّتروجين، أو اتِّحادُه بعناصرَ أخرى لتكوين النِّترات أو النِّتريتات. النباتاتُ تستطيعُ امتصاصَ النِّترات، والحيواناتُ تأكُلُ النباتاتِ فتحصُلُ على حاجتها من النِّتروجين. وتَتِمُّ عمليَّةُ التثبيتِ بواسطة بكتيريا النَّتْرَتَةِ أو الطحالبِ والأُشنات. وتعيشُ البكتيريا المُنتْرِتَةُ في التُّربةِ أو على جُذورِ نباتاتٍ كالبِسِلَّى والفاصولياء والفولِ والبِرسيم. وفي المُقابلِ تُفكِّكُ البكتيريا المُزيلَةُ للنَّتْرَتَةِ فضلاتِ الحَيِّ من الحيواناتِ والنباتاتِ ورُفاتَ المَيْتِ منها، لإطلاقِ النِّتروجين وإعادَتِه إلى الجوّ.

فَرْطُ المُغَذِّيات

تكثُرُ المُغَذِّياتُ في بيئةٍ مائيَّةٍ عذبة (كالبُحيرة) مِمَّا يُؤدِّي إلى فَرْطِ نَماءِ الطحالب. وهذا يُعزِّزُ نماءَ البكتيريا الحيوانيَّةِ التي تُحلِّلُ الطحالبَ الميْتة - مُستنفِدةً بذلك مَوردَ الأكسجين، فيتعذَّرُ حينئذٍ بقاءُ وعَيْشُ المُتعضِّيات على اختلافها.

التَّلَوُّث

فَضَلاتُ المصانعِ لوَّثت العديدَ من الأنهارِ والبُحيرات فقضَت على الحياةِ البَرِّيَّةِ فيها. كذلك يُشكِّلُ النِّفطُ المُنسكِبُ في البَحْرِ خُطورةً بالِغةً على الأحياءِ البَرِّيَّة، لأنَّه يَخترِقُ ويُثقِلُ ريشَ الطيور وفراءَ الحيوانات فيُعجِزُها عن الحَرَكةِ وتحصيلِ القُوت - فتموتُ جُوعًا وبَرْدًا.

دَورةُ الماء

تَسْخُنُ المياهُ على سَطْحِ الأرض، في الأنهارِ والبحارِ وغيرِها، بحرارةِ الشَّمس وتتبخَّرُ في الجوّ. وبصُعودِ بُخارِ الماءِ عاليًا في الجوّ، يَبْرُدُ ويتكثَّفُ قُطيراتٍ مائيَّةً تتجمَّعُ سُحُبًا، ثُمَّ تسقُطُ مطرًا على سَطْحِ الأرض.

المَطَرُ الحامِضيّ

الغازاتُ السّامَّةُ من مَحطّاتِ القُدرةِ والمَرْكَباتِ تمتزجُ بالماءِ في الهواء، ثُمَّ تسقُطُ مطرًا حامضيًّا يَغدو جُزْءًا من دَورةِ الماء. وهذا الحامِضُ، في ماءِ المَطَرِ، يُهدِّدُ الحياةَ البَرِّيَّةَ في جميعِ المَنظوماتِ البيئيَّةِ حيثُما يَسقُط. كما إنَّه يُؤثِّرُ في بُنى التماثيلِ والبيوتِ ويُفتِّتُ واجهاتِها. وبفعلِ الرِّياح، تُحمَلُ الغازاتُ المُلوِّثةُ مسافاتٍ طويلةً - فقد يُحدِثُ التلوُّثُ في بلدٍ ما مَطرًا حامضيًّا في بلدٍ مُجاوِر.

تمتزجُ الغازاتُ بقُطيراتِ الماءِ في الهواء.

المياهُ المُسمَّمَةُ تتساقَطُ مطرًا حامضيًّا.

المَطَرُ الحامِضيُّ يُتلِفُ النباتاتِ ويُؤذي الحيواناتِ والمباني، ويمتزجُ بمياهِ الأنهارِ والبُحيرات والبِحار.

الأدخِنَةُ السامَّةُ تَنطلِقُ في الجوّ.

لمزيد من المعلومات انظر

الكَربون ص ٤٠
النِّتروجين ص ٤٢
الأكسجين ص ٤٤
المُناخاتُ المُتغيِّرة ص ٢٤٦
تكوُّنُ السُّحُب ص ٢٦٢
المَطَر ص ٢٦٤
التَّخليقُ الضَّوئيّ ص ٣٤٠
نِظامُ النَّقلِ في النَّبات ص ٣٤١
التنفُّسُ الخَلَويّ ص ٣٤٦

البَشَرُ وكَوْكَبُهم

يُقَدِّرُ العُلَماءُ عُمْرَ الأرض بِبِضْعَةِ آلافِ مِليون سنة، لكِنَّ البَشَرَ لم يتواجَدوا على سَطحها إلّا منذُ وقتٍ قصيرٍ جدًّا نِسبيًّا (أقَلَّ من ثانيةٍ في يومٍ). وبنهايةِ القَرْنِ العِشْرين، سيَبْلُغُ عَدَدُ سُكّانِ الأرضِ أكثَرَ من ٨٠٠٠ مليون نَسْمة؛ وهُم بِحاجةٍ إلى طَعام وماءٍ وحَيِّزٍ لِلعَيْشِ وهَواءٍ لِلتنَفُّس وطاقةٍ لِتَشْغيلِ مَكِناتِهم. وكُلُّ هذا سَيَنْعَكِسُ سَلْبًا على الكائناتِ الأُخرى، حيواناتٍ ونباتات؛ فستَتناقَصُ مَواطنُها البِيئيَّة وتقِلُّ مَوارِدُها الغِذائيَّة تدريجيًّا. لقد تسَبَّبَ البَشَرُ بالكثير من المَشاكلِ البِيئيَّة الحاليَّة كالحَمْوِّ العالَميّ والمَطَر الحامِضيّ والثُّقُوبِ في طَبقةِ الأُوزون في أعالي الجَوّ وغيرِها. وليسَ هُناكَ من حُلولٍ بَسيطةٍ لِهٰذه المَشاكل. لكِنّا بِتْنا الآنَ أكثَرَ إدراكًا لِهٰذه المَشاكل، ووَعيًا لِسُبُلِ الحدِّ مِنها.



الكيماويّاتُ الخَطِرة

بعضُ الكيماويّاتِ التي تُرَشُّ بها الزُّروعُ سامَّةٌ لِلبَشَر وضارَّةٌ بالبِيئة. لِذا يُفْتَرَضُ استخدامُها بحِكمةٍ ودِراية، وكذلكَ ارتداءُ مَلابِسَ واقيةٍ أثناءَ استِعمالِها؛ لكِنَّ ذلك لا يتَوافَرُ دائمًا في البُلدانِ النّامية.

وهذا ما نُعيدُه

نُفاياتُ المَنازِلِ والمَزارِعِ والمَصانع

مُبيداتُ الآفاتِ ومُخَصِّباتُ الزُّروع

الأغراسُ الجديدةُ مَكانَ الأشجارِ المُقْتَطَعةِ إعادةً تعويضيَّةً خَيِّرة.

الأدخِنةُ السّامّةُ من مَحَطّاتِ القُدرةِ والمَصانعِ والمَرْكَبات

مُغَذِّياتٌ من التُّربة لإنماءِ الزُّروع

ماءٌ لِلشُّرْبِ والغَسيلِ ورَيِّ الحُقولِ ولِلاستخدامِ في العمليّاتِ الصِّناعيَّة

هذا ما نأخُذه

مَوارِدُ الطاقة كالفَحْم والنِّفْط

الخَشَبُ لِلمَنازِلِ والأثاثِ والوَرَق

الحِجارةُ والطِّينُ للبِناء، والمعادِنُ لِلعمليّاتِ الصِّناعيَّة.

المَأخوذُ والمَردود

يَحصُلُ البَشَرُ من الأرض على مَوارِدَ عديدةٍ، لكِنَّهُم يُعيدونَ إليها غالبًا أشياءَ مُؤذِيةً كالنُّفاياتِ والمُلَوِّثات. إنَّ مَوارِدَ الأرضِ من الفَحْمِ والغازِ والنِّفْطِ والفِلِزّاتِ ستَنْضُبُ يومًا؛ لِذا يترتَّبُ علَينا إيجادُ مَوارِدَ أُخرى يُمكِنُ تجديدُها قبلَ نَفادِ ما لَدَيْنا من المَوارِدِ التي لا يُمكِنُ تجديدُها.

الانفِجارُ السُّكّانيّ

على مَدى آلافِ السِّنين ظلَّ عددُ سُكّانِ العالَمِ مَحدودًا، فلم يبلُغِ البِليون (١٠٠٠ مليون) إلا في الثلاثينيّاتِ من القَرْنِ التاسِعَ عَشَر. لكِنَّه استغرَقَ فقط مئةَ سنةٍ إضافيَّةٍ لِيتجاوزَ ٢٠٠٠ مليون نَسَمة. كما إنَّ تعدادَ السُّكّانِ العالَميَّ قد تضاعَفَ خلالَ الـ ٤٠ سنةً الماضيةَ فقط؛ ويُعتقَدُ أنّه قد يبلُغُ ١٠،٠٠٠ مليون بنهايةِ القَرْنِ الحادي والعِشرين. الصُّورةُ المُقابِلةُ تُبيِّنُ البُيوتَ والخَرائبَ المُتلاصِقةَ على سَفحِ تلَّةٍ في رِيُو دي جانيرو، بالبرازيل.

كَوارِثُ التَّلَوُّث

١٩٥٣-١٩٦٠ الانسِمامُ بِزِئبقِ المَحارِ في خليجِ مِيناماتا، باليابان، يتسَبَّبُ بتَلَفِ الدِّماغِ لدى الكثيرين.

١٩٧٦ تسَرُّبُ مُبيدِ الأعشابِ في سِيفِسُو، بإيطاليا، يُسَمِّمُ مِئاتِ الأشخاص، ويَحكُمُ على الحيواناتِ الدّاجِنةِ في تلكَ المنطقةِ بالقتلِ تخَلُّصًا من أضرارِها.

١٩٨٤ تسَرُّبُ الكيماويّاتِ من مَصْنَعٍ في بُهوبال، بالهند، يقتُلُ ٢٥٠٠ شخص.

١٩٨٦ حادِثُ المُفاعِلِ النَّوَويِّ في تشرنوبيل، بروسيا، يُصيبُ منطقةً شاسِعةً بالتَّسَمُّمِ الإشعاعيّ.

١٩٨٩ صِهريجيَّةٌ يتسَرَّبُ منها ٤٠،٠٠٠ طن من النِّفْط مُقابِلَ سَواحِلِ الاسكا فيقضي على آلافِ الحيوانات.

١٩٩٣ صِهريجيَّةٌ يتسَرَّبُ منها ٨٤،٠٠٠ طن من النِّفْط على مَقرُبةٍ من جُزُرِ شتلاند، باسكتلندا، فيلَوِّثُ المَزارِعَ والشَّواطِئَ ويَقضي على الحياةِ البرِّيَّةِ فيها.

ثَقْبٌ في طَبَقةِ الأُوزون فوقَ القارّةِ القُطبيّةِ الجنوبيّة

حَوالى العام ١٩٨٠، اكتشفَ العُلماءُ ثَقْبًا بِحَجْمِ الولايات المُتَّحدة الأمريكيّة في طبقةِ الأوزون فوقَ القارّةِ القُطبيّة الجنوبيّة. هذه الصورةُ المُلتقطةُ من الفَضاء، تُبيّنُ الثَّقْبَ بِوُضوح. كذلكَ اكتُشِفَ أيضًا ثَقْبٌ أصغَرُ فوقَ القُطبِ الشمالي، وأنَّ طَبقةَ الأُوزون فوقَ أقسامٍ أُخرى من الأرض غدَتْ أرَقَّ مِمّا كانَتْ عليهِ سابقًا. ويُلقي العُلماءُ باللائمةِ في ذلكَ، بِصورةٍ رئيسيّة، على غازاتِ كربونِ الفلور الكلوريني. وهذه الغازاتُ تُستخدَمُ في بعضِ البرّاداتِ والمبرِّداتِ والمُكيِّفاتِ والمطافئ، وفي إنتاجِ بعضِ أنواعِ البُوليستيرين وموادِّ التَّنظيف؛ وهناكَ اتجاهٌ حاليًّا إلى أن يُستَبدَلَ بِها سِواها.

ثَقْبٌ في طَبقةِ الأوزون



يتألَّفُ جُزَيْءُ الأوزون من ثلاث ذرّات من الأكسجين. فعِندَ بُلوغِ غازاتِ كربونِ الفلور الكلوريني طبقةَ الأوزون تتفكَّكُ بفِعل المُستويات العالية للإشعاعات فوق البنفسجيّة مُطلِقةً ذرّاتِ الكلور. وهذه تتّحِدُ مع إحدى ذرّاتِ الأكسجين من كُلِّ جُزَيْءٍ في طبقةِ الأوزون فتُفكّكُها.

طَبقةُ الأُوزون

تُوجَدُ طبقةُ الأُوزون على ارتفاع ١٥ إلى ٥٠ كم فوقَ سَطْحِ الأرض؛ وهي تَقِي الأرضَ من مُعظمِ إشعاعاتِ الشَّمْس فوقَ البنفسجيّةِ المُؤذية. إنَّ تزايُدَ هذه الإشعاعاتِ المُفْرِطِ قد يُغيِّرُ البِنْيةَ الجِينيّةَ (الوِراثيّة) لِلنباتات والحيواناتِ ويُسَبِّبُ سَرطانَ الجِلْدِ في البَشَر. هذا وقد حدثَتْ ثُقوبٌ في طبقةِ الأُوزون، سمَحَت بِعُبُورِ مَزيدٍ من هذه الإشعاعاتِ إلى الأرض. ففي القارّةِ القُطبيّةِ الجنوبيّة تُعَطِّلُ المُستوياتُ العاليةُ لِلإشعاعات فوقَ البنفسجيّةِ العوالقَ عن التَّخْليقِ الضَّوئيّ (تَحضيرِ الغِذاء باستِخدامِ ضوءِ الشَّمْس) مِمّا يُخِلُّ بالسَّلاسِلِ الغِذائيّة في البَحْر.

كواشِفُ التَّلوُّث الحَيَّة

بِدِراسةِ الكائناتِ الحَيّة، يُمكِنُنا مَعرفةُ مَدى تَلوُّثِ الهواء أو الماء. فبعضُ الكائناتِ يحتمِلُ الكثيرَ من التلوُّثِ بينما بعضُها الآخَرُ يزكُو ويترَعرَعُ في الهواء النَّظيفِ فقط. فالأُشناتُ حَسّاسَةٌ جدًّا لِتلوُّثِ الهواء لأنّها تَمتَصُّ المعادِنَ من مِياهِ المطر بِكُلِّ سُطوحِها؛ فتتراكَمُ السُّمومُ في أنسِجتِها وتَقْتُلُها.

البلوروكوكس (الطُّحْلُبُ المُعَفِّرُ الزّاهي الخُضْرة) فقط يستطيعُ النُّمُوَّ في جَوٍّ شديدِ التلوُّث. ولا وُجودَ لِلأُشنات هنا.

الأُشنةُ القاسيةُ المتقشِّرةُ كالأُشناتِ الزّانثوريّة تُبيِّنُ أنَّ الهواءَ عالي نِسبةِ التلوُّث.

الأُشنةُ المُورِقةُ كأُشناتِ البارْمِيليا تَحتمِلُ نِسبةً قليلةً من التلوُّث.

الأُشنةُ الأُزْنِيّةُ الكثّةُ تنمُو في الهواء النَّظيفِ فقط.

النَّغَفُ الجُرَذيّةُ الذَّيْل، وهي يَرقاناتُ الذُبابِ الحوّام (من نوعِ إريستاليس)، تتنفّسُ أُكسجينَ الهواء مُباشرةً عبْرَ أُنبوبٍ طويل؛ لذا تستطيعُ العَيْشَ في مياهٍ شديدةِ التلوُّث.

الدُّوَيْداتُ الحمراء، التي هي في الحقيقة يرقاناتُ ذبابٍ صغار (من نوع كَيرونومس) تحتمِلُ نِسبةً عاليةً من التلوُّث.

قُرَيْدِسُ المياه العَذْبة كاربيان جامّاروس يَحتمِلُ نِسبةً قليلةً من التلوُّث.

حَواري ذُبابةِ الصُّخُور (كالبيرلا الثُّنائية الرَّقْط) تعيشُ في المياه النَّقيّة فقط.

لمزيدٍ من المعلوماتِ انْظُر

الحَفّارات ص ٥٦
مَصادِرُ الطّاقة ص ١٣٤
الجَوّ ص ٢٤٨
التَّخليقُ الضَّوئيّ ص ٣٤٠
دَوراتٌ في الغِلافِ الحَيَويّ ص ٣٧٢
الفَضَلاتُ وإعادةُ تَدويرِها ص ٣٧٦
حَقائقُ ومَعلومات ص ٤٢٤

الفَضَلاتُ وإعادةُ تَدْويرِها

في العالَمِ الطبيعيِّ لا يُهْدَرُ شَيءٌ. فَهُنالِكَ كائناتٌ حَيَّةٌ تُدعى الحالّاتِ أو المُفكِّكاتِ العُضويَّةَ تَغتَذي بالموادِّ المَيْتَةِ والمُتَعفِّنَةِ وغيرِها من الفَضَلاتِ العُضويَّةِ الدَّروكةِ (الحَلُولة) حَيَوِيًّا، فَتُفكِّكُها بحيثُ يُمكِنُ إعادةُ تدويرِ مُكَوِّناتِها واستِعمالُها مُجَدَّدًا. لكنَّ إعادةَ التدويرِ الطبيعيِّ هٰذه تَختَلُّ بضَخامَةِ كمِّياتِ النُّفاياتِ الناتجة من استِعمالاتِ الناسِ اليومَ؛ وهي في مُعظمِها، كالتَّنَكِ والزُّجاجِ ومُعظمِ اللدائنِ، غيرُ دَروكةٍ حَيَوِيًّا. فهٰذه إنْ رَمَيناها كما هي، قد تَبقَى دونَ انحلالٍ مِئاتِ السِّنينَ، حتّى ولو تآكَلَها الصَّدَأُ أو تَفَتَّتَتْ قِطَعًا صغيرةً، لأنَّ الحالّاتِ لا تَستَطيعُ أكلَها؛ فتظَلُّ تُلَوِّثُ الجَوَّ واليابِسَةَ والماءَ. ويُمكِنُنا، بدَلَ رَمْيِ هذه الأشياءِ، إعادةُ تدويرِها بإرجاعِها إلى المصانعِ لِتُستَخدَمَ مُجَدَّدًا. كما يُرتَجى تجنُّبُ استِعمالِ الموادِّ غيرِ الدَّوركة حَيَوِيًّا، والإقبالُ على شِراءِ الأصنافِ المُغلَّفةِ أو المُعبّأةِ بمَوادَّ دَروكةٍ حَيَوِيًّا والأقلِّ تلويثًا لِلبيئة.



الحالّات

الكائناتُ المَيْتَةُ يُعادُ تدويرُها طبيعيًّا. فَنَغَفُ (يرقاناتُ) الذُّبابِ على هذه الزَّبابةِ المَيْتةِ هي حالّاتُها. وهي، كما الحالّاتُ والمُفكِّكاتُ الأُخرى تُساعِدُ على تَنظيفِ البيئةِ وجَعْلِ موادِّ الفَضَلاتِ العُضويَّةِ مُتاحةً مُجدَّدًا لاستِخدامِ النباتاتِ والحيواناتِ الأُخرى. فعندما تتفكَّكُ الموادُّ أو تَتَحلَّلُ نُتَفًا دقيقةً، تستطيعُ البكتيريا والفُطْرُ، وهي الحالّاتُ الرئيسيَّةُ مُعالَجَتَها.

مَكَبّاتُ النُّفايات

النُّفاياتُ البَشريَّةُ لا بُدَّ من طَرْحِها في مكانٍ ما؛ ومُعظمُ وسائلِ التخلُّصِ مِنها قد تُضِرُّ بالبيئة. فالكثيرُ من النُّفاياتِ الصُّلْبةِ يُطرَحُ في حُفَرٍ ضخمةٍ كمَواقعِ رَدْم. وتَقومُ جَرّاراتٌ ثقيلةٌ ضخمةٌ بفَرْشِها ودَكِّها لِتَشغَلَ حيِّزًا أقلَّ؛ كما تُغطّى بالتُّرابِ وتُدَكُّ يوميًّا لِمَنعِ الطُّيورِ والحيواناتِ من الاعتِداءِ علَيها ونَشْرِ الأمراضِ. لكنَّ هذا إنْ أخفَى النُّفاياتِ الصُّلْبةَ، فإنّه لا يمنعُ السَّوائلَ السّامَّةَ من السُّروبِ إلى المِياهِ الجَوفيَّة؛ كما إنَّ ارتفاعَ الحرارةِ في مَطاميرِها يَبْعثُ غازاتٍ لَهُوبَةً قد تتفجَّرُ وتُسبِّبُ الحرائق.

غطِّ المَذْبلةَ (كُومةَ الدُّبالِ) بسَجّادةٍ قديمةٍ أو بالخَيْشِ لِحفظِ الحرارةِ في داخلِها.

كيفَ تُعِدُّ مَذبلَةً (لتسميد مَزروعاتك)

أوراقُ النباتِ وأجزاؤه الأخرى المَيْتةُ تتحلَّلُ في التُّربةِ إلى مُغذِّياتٍ يُخصَّبُ بها الزَّرْعُ. ويُمكِنُكَ توفيرُ سَمادٍ إضافيٍّ لحديقتِكَ بمَزْجِ تُربتِها بالدُّبال. فبَدَلَ أن تَرمي الخُضَرَ والأزهارَ والأوراقَ المَيْتةَ، من الحديقة، يُمكِنُكَ تَجميعُها في مَذبلةٍ تُعِدُّها كما يلي: في زاويةٍ من الحديقة، جَمِّعْ طَبَقاتٍ من الفَضَلاتِ النَّباتيَّةِ في حاويةٍ مُناسِبةٍ - مُغطِّيًا كُلَّ طبقةٍ بالتُّرابِ لحِفظِ الحرارةِ المُتولِّدةِ من فِعلِ الحالّاتِ فيها. أبْقِ المَذبلةَ رَطْبةً لأنَّ الحالّاتِ تَنشَطُ في ظروفِ الدِّفءِ والرُّطوبة، وانتظِرْ عِدّةَ أشهُرٍ لِيتكوَّنَ الدُّبال. حاذِرْ من وُجودِ موادَّ لَهُوبةٍ حولَ المَذبلةِ لأنَّ درجةَ الحرارةِ ترتفِعُ في ثَناياها، وقد يَلتهِبُ بها الغازُ المُتولِّد.

لمزيد من المعلومات انْظُر

الجراثيم (البكتيريا) ص ٣١٣
الفُطْريّات ص ٣١٥
التغذية ص ٣٤٢
دَوراتٌ في الغلافِ الحَيَويِّ ص ٣٧٢
البَشَرُ وكَوكَبُهم ص ٣٧٤
الحِفاظُ على البيئةِ الطبيعيَّة ص ٤٠٠

مُعَدَّلُ النُّفايات

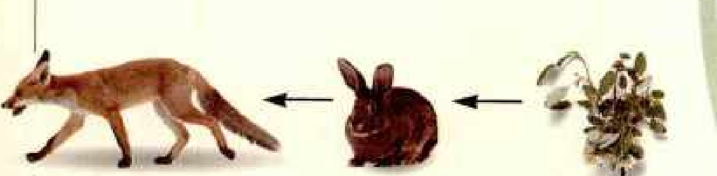
في البُلدانِ المُتقدِّمةِ صِناعيًّا، حَيْثُ تَسودُ أساليبُ الحياةِ العَصْريَّة، تَزيدُ نُفاياتُ العائلةِ المُتوسِّطةِ على الطُّنِّ سَنويًّا. وتتألَّفُ هذه النُّفاياتُ في مُعظَمِها من وَرَقِ التَّغليفِ والفَضَلاتِ المَطبخيَّة، والكثيرُ من هذه يمكِنُ إعادةُ تدويرِه واستِعمالُه مُجدَّدًا.



السَّلاسِلُ والشَّبكاتُ الغِذائيَّة

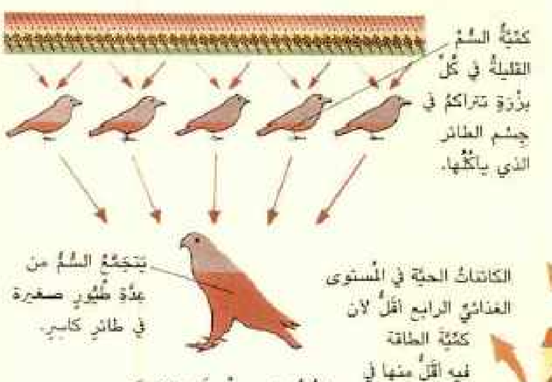
تَترابطُ مجموعةُ الكائناتِ الحَيَّة في نِظامٍ بيئيّ، من حيثُ اغتِذاؤها بِسلسلةٍ غِذائيَّة - يأكُلُ الكائنُ في السِّلسلةِ ما دُونَه، وبدَوره يأكُلهُ ما فوقَه. فمَثلًا في سِلْسلة «ثَعلب - أرنَب - نَبْتة» الأرنبُ يأكُلُ النبتةَ، وهو بدَوره يأكُلُه الثعلبُ. النباتاتُ قادِرةٌ على تَخْليقِ غِذائِها باستِخدامِ طاقةِ ضوءِ الشَّمْس، وتُدعى مُنْتِجات. أمّا الحيواناتُ فلا تستطيعُ تَخْليقَ غِذائها ذاتيًّا، فتَغْتذي بالنباتات والحيواناتِ الأخرى، وتُدعى مُستهلِكات. أحيانًا تغتذي الحيواناتُ بأكثَرَ من نَوعٍ واحِدٍ من الغذاء، فتتداخَلُ بذلك ضِمنَ عِدَّةِ سَلاسِلَ غذائيّة. وتؤلِّفُ تلك السَّلاسلُ حينئذٍ شَبكةً غذائيَّة.





السِّلْسِلةُ الغِذائيَّة

سِلْسِلةٌ من الكائناتِ الحيّةِ يُشكِّلُ الواحِدُ منها غِذاءً لِلذي يَليه، كَسِلْسلةِ النَّبْتة - الأرنب - الثَّعلب مَثلًا. وقلَّما تزيدُ حَلقاتُ السِّلسلةِ الغذائيّةِ على ثلاثِ حلقاتٍ أو أربع. فعند الحَلْقةِ الرابعة غالبًا ما تكونُ كمّيّةُ الطاقةِ كُلُّها قد اسْتُنفِدَت.



السُّمُّ في سِلْسِلةٍ غِذائيّة

تتراكمُ السُّمُومُ بالانتِقال عَبْرَ السِّلْسِلةِ الغذائيّة. فالكيماويّاتُ السامّةُ التي تُرَشُّ بها الزُّروعُ، لإبادةِ الحَشَرات، تنتقِلُ منها إلى الطُّيُورِ التي تقتاتُ بِبُزُورِ تلك الزُّروع. فإذا أكَلَ طائرٌ كاسِرٌ عددًا من هذه الطُّيُورِ الصغيرة، تتراكمُ كمّيّةُ السُّمِّ في جِسْمِه، وقد تكونُ كافيةً لِقَتْلِه أو تَجْعَلُ الأُنثى منه تَضَعُ بُيُوضًا رقيقةَ القِشْرةِ جِدًّا بحيث تتكسَّرُ وتَتْلفُ عندما يَرْخُمُ الطائرُ الوالِدُ عليها. ويُدعى هذا التراكمُ السُّمّيُّ تَضخيمًا حيويًّا.

تصْغُرُ الدَّرجاتُ في أعلى الهَرَم لأنَّ الطاقةَ تُصبحُ أقلَّ منها في قاعدتِه.

الكائناتُ الحيّةُ في المُستوى الغذائيّ الرابعِ أقلُّ لأنّ كمّيّةَ الطاقةِ فيه أقلُّ منها في المُستويات دونَه.

المُستوى الغذائيّ الثالث

المُستوى الغذائيّ الثاني

المُستوى الغذائيّ الأوّل

هَرَمُ طاقة

المُستَوياتُ الغذائيّة

من الوَسائلِ المُستخدَمةِ في دِراسةِ حاليةٍ بيئيّةٍ ترتيبُ كائناتِها الحَيّةِ في مُستوياتٍ غِذائيّة. وتعتمِدُ هذه المستوياتُ على أعدادِ أو كُتْلةِ (الكُتْلةِ الحَيَويّة) الكائناتِ الحيّةِ في المُستوى نَفْسِه من الشّبكةِ الغذائيّة، أو على كمّيّةِ الطاقةِ التي تختزِنُها مجموعةُ الكائناتِ في ذلك المُستوى. وتُرسَمُ هذه المُستوياتُ بيانيًّا كمُدرَّجٍ، هَرَميٍّ غالبًا، لأنَّ كمّيّةَ الطاقةِ تتناقَصُ بالانتِقال صُعُدًا من مُستوًى إلى الذي يليه.

الشَّبكةُ الغذائيَّة

قد تشمَلُ الشَّبكةُ الغذائيّةُ كائناتٍ حَيّةً من عِدّةِ مَنْظوماتٍ بيئيّة. ففي الشَّبكةِ الغذائيّةِ أعلاه، لحاليةِ بُحَيْرةٍ، يَعيشُ بعضُ الحيواناتِ والنباتاتِ في الماء وبعضُها الآخَرُ على اليابِسة. فالمُنْتِجاتُ، من نباتاتٍ مائيّةٍ وعوالِقَ نباتيّة، تُشكِّلُ طعامًا لِلعاشِبات (آكلاتِ النَّبْت) كالعَوالِقِ الحَيَوانيّةِ والقَواقعِ والحَشَراتِ وبعضِ الأسماك. والعاشِباتُ بِدَورِها تأكُلُها اللاحِماتُ (الحيواناتُ آكِلةُ اللُّحوم) من حَشَراتٍ وأسماكٍ أُخرى ولَبُونات. وأيُّ تغيُّرٍ في أعدادِ النَّوعِ من أيِّ حَلْقةٍ يُؤثِّرُ حَتْمًا في نباتاتِ وحيواناتِ الشَّبكةِ بكامِلها.

جونائن پورت

المُحاضِرُ والكاتِبُ البريطانيّ، جونائن پورت (١٩٥٠-)، هو من ألمعِ النّاشِطينَ في تثقيفِ الناسِ حَولَ ضرورةِ الاهتِمامِ بالأرضِ وبالحياةِ البرّيّةِ فيها. وقد ركَّزَ پورت جُهودَه في "سياسة الخُضْر"، وتقدّمَ كمُرشَّحٍ عن حِزْبِ الخُضْرِ البريطانيّ في مَجْلِسِ العُموم، ثمّ أصبحَ مُديرًا لِجماعةِ أصدقاءِ الأرض. وفي العامِ ١٩٩٠، تخلّى عن مَنْصبِه لِينصرفَ إلى إلقاءِ المُحاضَرات والأحاديثِ الإذاعيّةِ والتلفزيونيّةِ والكِتابةِ عن قضايا "الخُضْر" حَولَ العالَم.

لمزيد من المعلومات انظر

التَّخليقُ الضَّوئيّ ص ٣٤٠
التغذية ص ٣٤٢
الاغتِذاء ص ٣٤٣
الهَضْم ص ٣٤٥
الغِلافُ الحَيَويّ ص ٣٧٠
الحياةُ البرّيّةُ في خَطَر ص ٣٩٨



الجَماعاتُ الحيَوانيَّة

الزُّمْرةُ منَ الذِّئاب، والقطيعُ من الظِّباء، والسِّربُ من السَّمك، والرَّفُّ من الطُّيور أمثلةٌ على التجمُّعاتِ الحَيوانيَّة. فقَدْ تعيشُ الحيواناتُ جماعاتٍ كُلَّ الوقتِ أو تَجتَمِعُ فقط أثناءَ التَّعشُّشِ أو الاغتِذاء في مِنْطقةٍ وزمنٍ مُعَيَّنَين. وكثيرًا ما تَسودُ هذه التجمُّعاتِ علاقاتٌ مُجتمعيَّةٌ، فيَتقاسَمُ أفرادُ الجماعةِ وظائفَ خَدَماتيَّةً كتَجميعِ الطَّعامِ والعِنايةِ بالصِّغار والدِّفاع عن الجَماعة. كما إنَّ العَيْشَ جماعاتٍ يُتيحُ لِلصِّغار منَ الجَماعةِ تعَلُّمَ المَهاراتِ والسُّلوكِ الأصلَح مِنَ الكِبار. وهكذا تتعَزَّزُ إمكاناتُ الجماعةِ في مُجابَهةِ نِزاعِ البَقاء، وتَنتَقِلُ مَعرِفَةُ وخِبْرةُ الجماعةِ إلى الجيلِ التالي.

تَشْطادُ الذِّئابُ جماعاتٍ، فيُمكِنُها بذلك قَنْصُ حيواناتٍ كبيرةٍ كالأيائِل.

الذِّئابُ السيِّدةُ في القطيعِ تُحَدِّدُ مناطِقَها برائحتِها، فلا تَقرَبُها ذئابٌ من قطيعٍ آخَر.

تَعْوي الذِّئابُ نذيرًا للقُطْعانِ المُنافِسةِ بعدمِ الاقتِراب من مَناطِقِها.

جِراءُ القطيعِ تتعلَّمُ بمُراقبةِ الكِبارِ ومُحاكاةِ تصرُّفاتِها.

الذِّئابُ السيِّدةُ تَرفَعُ أذيالَها في الهواءِ وتَنْتَصِبُ أذُنيها عاليًا.

الذِّئابُ الخانِعةُ تَخفِضُ ذُيولَها تعبيرًا عن خُضوعِها.

يستَلْقي الذِّئبُ الخانِعُ على ظَهرِه استِسْلامًا للذئبِ السيِّد دُونَ مُقاوَمة.

قَطيعُ الذِّئاب

أعضاءُ القطيعِ من الذِّئاب (كانِس لُوبُس) تتعاوَنُ على البَقاء، بالقَنْصِ جماعةً والدِّفاعِ عنِ الجِراء. فكُلُّ ذِئبٍ يَعرِفُ مَوقِعَه ضِمْنَ القطيع. فالذِّئابُ السيِّدةُ تُعرِبُ عن سَيْطرتِها أو تفوُّقِها بأوضاعٍ جسَديَّةٍ خاصَّةٍ تدعى لُغةَ الجَسَد. وتستخدِمُ الذِّئابُ الخانِعةُ اللُّغةَ نَفْسَها للتعبيرِ عن خُضوعِها واعتِرافِها بسِيادةِ الأسياد. السيِّدُ والسيِّدةُ الأوَّلانِ في القطيعِ كِلاهُما كبيرُ الجِسْمِ سَليمُه. وفي العادةِ يَقتصِرُ إنجابُ الجِراءِ على سيِّدةِ القطيع.

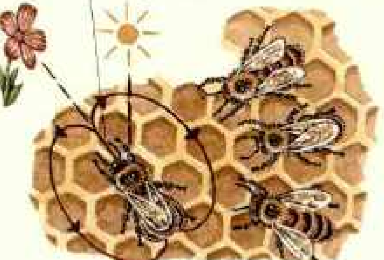
مُسْتَعمراتُ الطُّيور

يُعشِّشُ الكثيرُ من طُيورِ البَحْر، كالمُكَفكَفِ الأصابع (سُولا باسانا) في تجمُّعاتٍ كبيرةٍ تُدعى مُستعمرات - تَقبَعُ فيها الطُّيورُ مُتباعِدةً فقط بقَدْرٍ يتجاوَزُ مَدى التناقُر. فالتَّعشيشُ الجَماعيُّ أكثرُ أمانًا، ومَجالُ الإنذارِ بالخَطَرِ فيه أوفَر.

لمزيد من المعلومات انظر

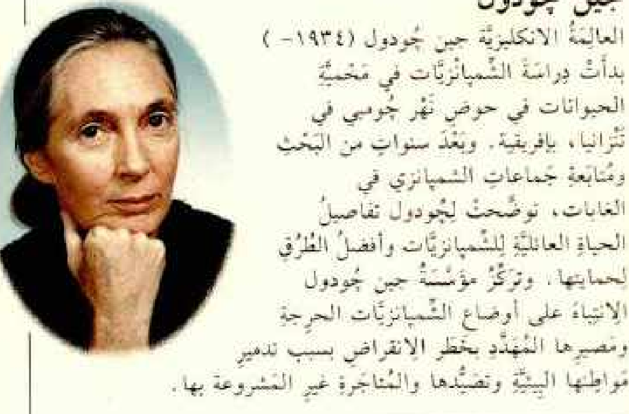
الطُّيور ص ٣٣٢
الرَّئيسات ص ٣٣٦
الاغتِذاء ص ٣٤٣
الحَياةُ البرِّيةُ في خَطَر ص ٣٩٨
حقائقُ ومَعلومات ص ٤٢٤

جُزءُ الخَطِّ المُستقيمِ من مَسارِ الرَّقْص يُمثِّلُ الزاويةَ بين الشَّمسِ ومكانِ الغِذاء.



رَقْصُ النَّحل

نَحْلةُ العَسَل (آبيس مِلِّيفرا) تَرْقُصُ دائريًّا لِتُرشِدَ النَّحلَ الأخَرَ في الخَليَّةِ إلى مَوقعِ مَوردٍ غِذائيٍّ جيِّد. وتتناسَبُ سُرعةُ الرَّقصِ عكسيًّا مع بُعْدِ المَوْرِدِ عن الخَليَّة - فكُلَّما ازدادَتِ السُّرعة، كان المَوردُ أقرَب.



جين جُودُول

العالِمةُ الانكليزيَّةُ جين جُودول (١٩٣٤-) بدأَتْ دِراسةَ الشِّمبانزيَّات في مَحْمِيَّةِ الحيوانات في حوضِ نَهرِ جُومبي في تنزانيا، بإفريقية. وبَعْدَ سنواتٍ من البَحْثِ ومُتابَعةِ جماعاتِ الشِّمبانزي في الغابات، توضَّحتْ لِجُودول تفاصيلُ الحياةِ العائليَّةِ لِلشِّمبانزيَّات وأفضلُ الطُّرُقِ لِحمايتِها. وتركِّزُ مؤسَّسةُ جين جُودول الانتِباهَ على أوضاعِ الشِّمبانزيَّاتِ الحرِجةِ ومَصيرِها المُهَدَّدِ بخَطَرِ الانقراضِ بسببِ تدميرِ مَواطِنِها البيئيَّةِ وتَصيُّدِها والمُتاجَرةِ غيرِ المَشروعةِ بها.

العِشرةُ والتعايُش

أنواعُ النباتِ والحيوانِ المُختلِفَةُ قد تَتعايشُ؛ وهٰذه العِشْرَةُ قد تكونُ مُفيدةً لِكِلا النّوعَين في تكافُلٍ حيَويٍّ مُتبادَلٍ، كشُقَّيقِ البَحْرِ النامي على مَحارةِ سَلْطعون؛ أو قد يكونُ مُفيدًا لِواحدٍ مُضِرًّا بالآخر، كما البرغوثُ مُتطفِّلًا على كَلْبٍ - يمتصُّ من دَمِه ويُهَيِّجُ جِلْدَه. وقد يكونُ التعايُشُ مُفيدًا لأحدِ المُتعايِشَيْن ولا يَضيرُ الآخَرَ بشيءٍ كسَمكةِ الرِّيمُورا (اللّشك) في حِمايةِ القِرْش (كلبِ البَحْر). ويُمكِنُ اعتبارُ غَزْوِ الثعالِبِ وبناتِ آوَى والرّاكُوناتِ والأوپوسوماتِ لِصَناديقِ النُّفاياتِ نَوعًا من هٰذا التعايُشِ مع البَشَر.

مَحارةُ قَوْقَعِ الوِلْك (بوكسينوم أنداتُم)



الحِمايةُ المُتبادَلة

نَمْلُ السَّنْط (من نوع پِسُودومِيرمِكْس) يَحْمي سَنْطَ قُرونِ الثَّور (أكاسيا كورنيجرا) في كوستا ريكا، بِقَرْصِ الحيواناتِ التي تُحاولُ أكْلَ أجزاءٍ من الشَّجرة. وفي المُقابِلِ تُوفِّرُ الشَّجرةُ لِلنَّملِ مكانًا آمِنًا للتَّعشيشِ داخِلَ قُرونِها الكبيرة، كما تُنتِجُ الأكاسيا إفرازاتٍ حُلوةً تأكُلُها النَّمْل.

شُقَّيقُ البَحْر (كالْياكتِس پرازِيتيكا) يَستصفي الغِذاءَ من الماء؛ وقد يَلتقِطُ فُتاتَ الغِذاءِ الساقِطِ من السَّرطان (السَّلطعون).

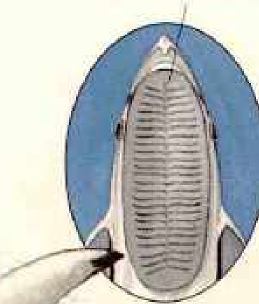
السَّرطانُ الناسِكُ (يُوپاجورُس پْريدوكسي) يُخرِجُ رأسَه ومِجَسَّيْه وكُلّابتَيْه الاماميّتَيْن والزَّوجين الأوّلَيْن من رِجْلَيْه، خارِجَ المحارة، أثناءَ تنقُّلاتِه.

الحِمايةُ مُقابِلَ الغِذاء

السَّرطاناتُ الناسِكةُ لا مَحارَ صُلْبةً لَها. وهي تعيشُ في المَحارِ الفارِغَةِ لِصَدَفيّاتٍ مَيْتة، وتَنتَقِلُ منها إلى أخْرَ أكبَرَ عِندَما تَضيقُ تلكَ المحارُ بها. ويعيشُ بَعضُ شُقَّيقِ البَحْرِ فوقَ مَحارِ السَّرطانِ الناسِك. فيحمِلُ السَّرطانُ شُقَّيقَ البَحْرِ إلى مَناطِقِ اغتِذاءٍ جديدةٍ ويُوَفِّرُ له غِذاءً إضافيًّا من فُتاتِ طعامِه. وفي المُقابِلِ تَحْمي لَوامِسُ شُقَّيقِ البَحْرِ اللّاسِعَةُ السَّرطانَ من اعتِداءِ المُعتَدِين.

القُرصُ الماصُّ في رأسِ سمكةِ الرّيمورا (اللّشك) يَحوي سِلْسِلةً من الصفائح.





في العِشْرَةِ خَيْرٌ للمُتعايِشَيْن

نَقّارُ البَقَرِ الأحمرُ المِنْقار (بُوفاجوس إريثورِنْكُس) يَتَسَنَّمُ قَراءَ الحيواناتِ الإفريقيّةِ الكبيرة، كالزَّرافى، بَحْثًا عن القُرادِ والذُّبابِ ماصّةِ الدَّمِ لِيَغْتَذيَ بِها. فيَفيدُ هُو غِذاءً، وتُفيدُ الزَّرافةُ (جيرافّا كاميلوپارداليس) خَلاصًا منَ الآفاتِ المُؤذيةِ.

الشَّراكةُ بين نَقّارِ الثِّيرانِ والزَّرافةِ مَثَلٌ على التَّكافُلِ الحَيَويّ.

العِشْرَةُ تفيدُ الواحدَ وتُضِرُّ بالآخَر

الكَشوثُ (كاسْكوتا إپيثِيمُوم) نَباتٌ عَديمُ الكلوروفيل، يعيشُ مُتطفِّلًا على النَّباتاتِ الأُخرى فيَسْلُبُها قِسْمًا مُهِمًّا من غِذائها. في الشّامِ يُسَمّون هذا النَّباتَ الهالُوك، وهو الحامُولُ في مِصر.

خيوطٌ خانِقٌ الكَرْسنَةِ القَرَنْفُليّةِ اللون.

سَمكةُ اللّشك (الرّيمورا)

صورةٌ عن قُرْبٍ لِمَقْطَعٍ مُسْتَعْرِضٍ من جِذْعِ نَباتٍ عائلٍ تَنْشَبُ فيه جُذورُ الكَشوث.

تَخْتَرِقُ جُذورُ الكَشوثِ أنسِجةَ النباتِ العائِلِ وتمتصُّ نُسغَهُ.

جِذْعُ النَّباتِ العائِل

المُستَفيدُ أحدُ المُتعايشَيْن

سَمَكةُ اللّشك (رِيمورا رِيمورا) لها في أعلى الرّأسِ قُرصٌ ماصٌّ تَلْتَصِقُ بواسطتِه بِسَمَكِ القِرْش. فيُوفِّرُ لها القِرْشُ الحِمايةَ وبعضَ الغِذاءِ تَلْتَقِطُه من سُقاطةِ طَعامِه. والرّيمورا قد لا تُفيدُ سمكةَ القِرْشِ بأكثرَ من إزالةِ بعضِ الطُّفَيليّاتِ من جِلْدِها.

لمزيدٍ من المعلوماتِ انظُر

النّباتاتُ الزهريّةُ ص ٣١٨
قناديلُ البَحْرِ والشَّقائقُ البَحْريّةُ والمَرجانيّاتُ ص ٣٢٠
الأسماكُ ص ٣٢٦
البُلدانُ والمُدُنُ ص ٣٩٧

اللَّوْنُ والتَّمْويه

ألوانُ النَباتاتِ والحَيواناتِ تَخْدُمُ عادةً أغراضًا مُعَيَّنة. فألوانُ النَباتِ وأزهارُه الزَّاهِيةُ تَجْتَذِبُ الحيواناتِ التي بواسِطَتِها تُنْقَلُ حُبَيْباتُ اللَّقاحِ بينَ الأزهار، أو تُنْشَرُ البُزورُ بعيدًا لإنْتاشِ نَبْتاتٍ جديدة. ومِنَ الحيواناتِ ما هو ذو ألوانٍ زاهِيةٍ لاجتِذابِ القَرين، أو لِلتحذيرِ من سُمِّيَّةٍ أو لِلإيهامِ بها. والألوانُ الباهِتةُ تُعينُ الحيَوانَ على التَّمَوُّهِ والاندماجِ مع البِيئةِ من حَولِه - وهذا يُمكِّنُ الضواري من مُقارَبةِ فَرائسِها ومُفاجأتِها، وفي الوقتِ نَفْسِه يَخدُمُ الفرائسَ المُسْتَهدَفةَ في التَّخَفّي عن عُيونِ مُفْتَرِسيها.

القِسْمُ السُّفليُّ الباهِتُ اللَّونِ من أجنحةِ الفَراشِ الأزرقِ الشائعِ (بوليومّاتوس إيكاروس) يُمَوِّهُها على بعضِ النباتات.

أزهارُ القِمعيَّةِ الأرجوانيَّةِ الزَّاهيةُ تجتذِبُ النَّحْلَ الطنَّانَ الذي يغتذي بِرَحيقِها؛ وفي الوقتِ نفسِه تحمِلُ الطنّاناتُ حُبيباتِ اللُّقاحِ، فتُلقِّحُ ببعضِها ما تزورُه تالِيًا من أزهار.

الذُّبابُ الحَوّامُ غيرُ مُؤذٍ؛ لكنَّ مُشاكهتَهُ للنَّحْلِ أو الزَّنابيرِ تُبْعِدُ المُفْتَرِساتِ عنه.

القِسْمُ الأعلى من أجنحةِ ذكَرِ الفَراشِ الأزرقِ الشائعِ زاهٍ بِزُرْقَتِه لاجتذابِ القَرين.

التَرقُّشُ الأخضرُ والبُنّيُّ في الجَرادةِ يُمَوِّهُها بينَ الأعشاب.

أُسْروعُ الفَراشةِ الهَوليَّةِ (اسفِنْكس لِيغستري) أخضرُ زاهٍ ذو حُزوزٍ مائلةٍ تُساعدُه على التَّخَفّي بينَ أوراقِ جَنْبةِ الرِّباطِ (ليغِسْتروم) التي يَغْتذي بها.

من أجْلِ البَقاء

الظُّهورُ بشكلٍ بارزٍ ضروريٌّ لِبعضِ الحيواناتِ والنَّباتاتِ كما التَّخفّي والتَّمويهُ ضروريٌّ لِبَعضِها الآخَر. فالكائناتُ الحيَّةُ جميعُها تتَّخِذُ اللَّونَ والنَّمَطَ أو الشَّكْلَ الأنسَبَ لها من أجْلِ البَقاء.

ألوانُ الدُّعْسوقةِ الزَّاهيةُ تُحذِّرُ المُفْتَرِساتِ من طَعْمِها الكَريه.

تَغْييرُ اللَّوْن

يتغيَّرُ لَوْنُ بعضِ الحيواناتِ تَبَعًا لِلفُصولِ بحَيْثُ تَظَلُّ مُمَوَّهةً طَوالَ السَّنة. فالقاقُمُ (مَسْتِلا إرمِنْيا) بُنّيُّ أسمَرُ الفَرْوةِ مُعظَمَ أيامِ السَّنة. لكنَّ لونَ فروتِه يتحوَّلُ شتاءً، حيثُ تتساقطُ الثلوجُ، إلى البَياضِ عدا خُصْلةً طَرَفيَّةً في نِهايةِ ذَيْلِه.

ذُكورٌ غَنيَّةٌ بالألوان

ذكورُ الطُّيورِ في كثيرٍ من الأنواعِ أغنى لَونًا وأزهى إشراقًا من الإناث. فالإناثُ ترخُمُ غالبًا على البُيوضِ في العُشِّ وتعتني بالفِراخ. ومن الطبيعيِّ أن تجعلَها الألوانُ الزَّاهيةُ هدَفًا بارزًا للمُفترِسات. في الصُّورةِ أعلاه فِرقاطٌ ذكَرٌ (فْريجاتا مِينُر) يَنْفُخُ جرابَه الحَلْقيَّ الأحمرَ مُختالًا لاجتذابِ أُنثاه.

لِمزيدٍ من المعلوماتِ انْظُر

الرُّقَطُ والخُطوط



النَّمِرُ الداكنُ الرُّقَطِ (نيوفيلِس نِبْيُولوزا)

الظَّبيُ المُخطَّطُ (البُونْجو) (بُوسرِكُس يُوريسِيرُوس)

أنماطُ الرُّقَطِ والخُطوطِ في كُسْوةِ الحيوانِ تُساعدُ في ائتلافِ لونِه وشكلِه عمومًا مع الوَسَطِ المُحيط. فالنَّمِرُ الأرقطُ والظَّبيُ المُخطَّطُ تصعُبُ رؤيتُهما بين الظِّلالِ في الغاباتِ التي يَستوطِنانِها. ويُلاحَظُ أحيانًا تواجُدُ هذه الرُّقَطِ والخُطوطِ المُمَوِّهةِ في بعضِ صِغارِ الحيواناتِ وغيابُها في أثوابِ الكِبارِ التي بمَقدورِها أن تُدافِعَ عن نفسِها أو تَلوذَ بالفِرارِ عندَ الخَطَر.

هنْري وُلْتر بيتْس

العالِمُ الطبيعيُّ والمكتشِفُ الإنكليزيّ، هنْري بيتْس (١٨٢٩-١٨٩٢)، درسَ التَّمويهَ في الحيوانات؛ ولحظَ أنَّ بعضَ الحشراتِ غيرِ المُؤذيةِ تُشابِهُ المُؤذيةَ الكَريهةَ شكلًا لِتتجنَّبَها المُفترِسات. ويُعرَفُ هذا الآنَ بالمُشاكهةِ البيتْسيَّة. وقد ارتأى بيتْس أنَّ تلكَ المُشاكهةَ تأصَّلَتْ نتيجةً لِعمليَّةِ الانتخابِ الطبيعيّ.

الهِجْرَةُ والإسْبَات

عِندما يَشِحُّ الغِذاءُ أو يَعْسُرُ الحُصولُ عليه في فُصُولِ البَرْدِ أو الحَرِّ أو الجَفاف، يُهاجِرُ الكثيرُ من الحيواناتِ إلى مَوقِعٍ آخَرَ طَلَبًا لِلماءِ والدِّفْءِ والغِذاء. كما تَلْجأُ حيواناتٌ أُخرى إلى مَكانٍ آمِنٍ في كَهْفٍ أو جُحْرٍ، مثلًا، فتُسْبِتُ (تنامُ) بِضْعَةَ شُهور. والحيواناتُ في كِلا الحالَيْن تُعِدُّ نَفْسَها لِلهِجْرةِ أو الإسْباتِ بتناوُلِ ما يُمكِنُها من طَعام يُختَزَنُ طاقةً دُهْنِيَّةً في أجسادِها تَستطيعُ بِها البَقاءَ دُونَ غِذاءٍ فَترةً طويلةً – عِلْمًا أنَّ الحيواناتِ المُهاجِرةَ تتناوَلُ ما يَتيَسَّرُ لَها من طَعامٍ خِلالَ رِحْلَتِها.



الهِجْرة

تُهاجِرُ الحيواناتُ طَلَبًا لِلغذاءِ والدِّفْءِ والماءِ والمَجالِ الحيَوِيِّ أو بَحْثًا عن مكانٍ آمِنٍ تُرَبِّي فيه صِغارَها. والمَعروفُ أنَّ الطُيورَ، كالخَرْشَنةِ القُطبيَّةِ والفراشاتِ تَقْطَعُ في هِجراتِها مَسافاتٍ أطولَ من سِواها. وفي فَصْلِ الجَفافِ الإفريقيِّ تَرْتَحِلُ الآلافُ من ثَياتِلِ النُّو (كُنُوكيتس تُوريِنُوس) قُطعانًا نحو سُفوحِ التِّلالِ لِلرَّعي – صِغارُها تَتْبَعُ كِبارَها. لكِنَّ الكثيرَ من الحيواناتِ المُهاجِرةِ تَقُومُ بالرِّحلةِ الأُولى بِنَفْسِها، مُسْتعينةً بِمَوقِعِ الشَّمْسِ أو النُّجوم؛ ويُعتَقَدُ أنَّ بعضَها حَسّاسٌ لِمَجالِ الأرضِ المِغْنَطيسيِّ، وأنَّ الأسماكَ والحِيتانَ تَهْتَدي بالتَّيّاراتِ المُحيطيَّة.

مُتَنَزَّه سِيرِنجِتي الوطني، بكينيا

فَصْلٌ جافٌّ

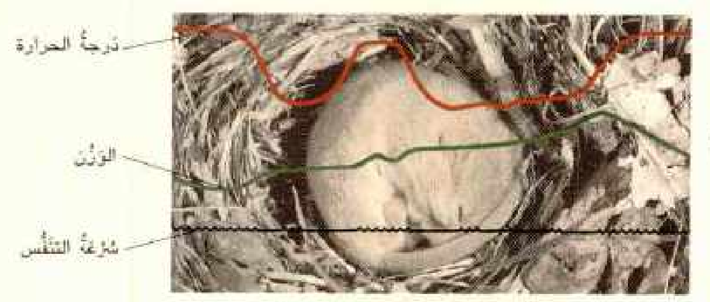
هُطولُ المَطَرِ السَّنَويُّ يتزايَدُ بالابتِعادِ شَمالًا.

اتِّجاهُ رِحْلَةِ ثَياتِلِ النُّو

فَصْلٌ رَطْب

رِحْلَةُ ثَياتِلِ النُّو

الحيواناتُ المُهاجِرةُ قد تَقْطَعُ آلافَ الكيلومترات. ففي الفَصْلِ الرَّطْبِ تَرعى ثَياتِلُ النُّو في السُّهولِ الجنوبيَّةِ الشرقيَّةِ من كينيا؛ وهي ترتحِلُ غَرْبًا في الفَصْلِ الجافِّ ثُمَّ شَمالًا نحو المناطقِ الأغزرِ مَطَرًا. ثُمَّ تعودُ ثانيةً إلى الجنوبِ حيثُ تكونُ الأمطارُ قد أعادتِ السُّهوبَ العُشْبيَّةَ الجافَّةَ إلى الحياةِ مُجدَّدًا. وتَتْبَعُ الضَّواري مُفْتَرِسَةُ الثَّياتِلِ، كالأسود، القُطعانَ المُرتحِلةَ، بالضَّرورة، حيثُما تذهَبُ.



الإسْباتُ الشَّتَوِيُّ

تَقِلُّ الأنشِطةُ الحَيَويَّةُ خِلالَ الاكتِنانِ الشَّتَويِّ، بما يُبْقي الحيوانَ حَيًّا فقط. فتهبِطُ درجةُ حرارةِ الجِسْمِ إلى ما فوقَ درجةِ حرارةِ الهواءِ بقليل، وتتناقَصُ ضَرَباتُ القَلْبِ وتَخْفُتُ – كما يبدو في مُخَطَّطِ الإسباتِ أعلاه لِلزُّغْبَةِ (ماسكارديِنُوس أفِلانارِيُوس).

مَدى الإسْباتِ الشَّتَويّ

المَرْموطُ قارِضٌ صغيرٌ حقيقيُّ الإسْبات. هذا المَرْموطُ الأَلبيُّ الأصفرُ البَطْنِ (مارمُوتا فْلافيفِنْترِس)، مثلًا، يُسْبِتُ دونَ حَراكٍ في نَفَقِه أكثرَ من نِصْفِ السَّنةِ أحيانًا. بعضُ الحيوانات، كالدِّبَبة، جُزْئِيَّةُ الإسبات؛ وقد تَسْتَكِنُّ لِفَتَراتٍ طويلة؛ لكِنَّ ضَرَباتِ القَلْبِ فيها تكادُ لا تَقِلُّ؛ وإنْ طَرأَتْ نَوبةُ دِفْءٍ، فإنَّها تَستَفيقُ وتَغْتَذي.

تَجاوُزُ الجَفاف

تَسْتَوطِنُ الأسماكُ الرِّئَويَّةُ مُسْتَنْقَعاتٍ تَفْقِدُ مِياهَها في فَصْلِ الجَفاف. فتَعْمَدُ السَّمكةُ الرِّئَويَّةُ إلى الانجِحارِ في الوَحْلِ مُلْتَفَّةً داخِلَ شَرْنَقةٍ من المُخاطِ الرَّطْبِ تُقَلِّلُ تَبَخُّرَ الماءِ من جَسَدِها. وهي تتنفَّسُ عَبْرَ غِطاءٍ من الوَحْلِ لِلشَّرْنَقة. وعند عَوْدةِ المَطَرِ، تَخْرُجُ السَّمكةُ من شَرْنَقَتِها وتَستعيدُ حيويَّتَها. هذا الضَّرْبُ من الإسْباتِ في ظُروفِ الحَرِّ والجَفافِ يُدعى التَّصيُّفَ أو الإسباتَ الصَّيفيّ.



السَّمكةُ الرِّئَويَّةُ الجَنوبُ أمريكية (لِيبِدُوسِيرِن پارادوكسس)

لِمَزيدٍ من المعلوماتِ انْظُر

بِنْيَةُ الأرضِ ص ٢١٢
الفُصُول ص ٢٤٣
المُناخ ص ٢٤٤
التَّغذية ص ٣٤٢
حقائقُ ومَعلومات ص ٤٢٤

مَناطِقُ القُطبَيْنِ والتَّنْدرا



تَوزُّعُ المناطقِ القُطبيّةِ والتّندرا في العالَم

في أقصى شَماليِّ الأرض وجَنوبِها تُوجَدُ مِنطقَتا القُطبَيْنِ الشّماليَّةُ والجَنوبيَّة، وهُما أشَدُّ المَنظوماتِ البِيئيَّةِ قَساوةً على الأرض. وتُعتَبَرُ القارَّةُ القُطبيَّةُ الجَنوبيَّةُ أبرَدَ مناطِقِ الأرض قاطِبةً - إذ تَتدَنّى درجةُ الحرارةِ فيها إلى ٨٠°س تحتَ الصِّفر؛ وتَهُبُّ الرِّياحُ فيها بِسُرعاتٍ قد تَبلُغُ ٣٢٠كم/سا. وحيثُ إنَّه لا يتوافَرُ تَنَوُّعٌ أحيائيٌّ كبيرٌ في هاتَيْنِ المَنْظومَتَيْن، فإنَّ الشَّبكاتِ الغذائيَّةَ فيهما بَسيطةٌ يَسهُلُ الإخلالُ بِها. والحياةُ البَرِّيَّةُ، بطبيعةِ الحال، مُكَيَّفَةٌ لِلعَيْشِ في هذا المُناخ.

منطقَتا القُطبَيْن

هنالكَ مِساحاتٌ شاسِعةٌ مُغطّاةٌ بالجَليد حَوْلَ كِلا القُطبَيْن. ففي المِنطقَةِ القُطبيَّةِ الشّماليَّة، يَطفُو الجليدُ فوقَ البَحر، وكثيرًا ما لا تَتجاوزُ سَماكَتُه بِضعَةَ أمتار. أمّا في القارَّةِ القُطبيَّةِ الجَنوبيَّة، فالجليدُ يُغطّي الكُتْلَةَ الصَّخريَّة، وتَبلُغُ سَماكَتُه في بعضِ الأماكنِ حَوالى ٤ كيلومترات. وتَتَّقي حيواناتُ تلكَ المَناطقِ البَرْدَ القارِسَ بِفرائها الغَليظَةِ أو رِيشِها الكَثيفِ أو بِطَبقاتِ الدُّهنِ السَّميكَةِ تحتَ الجِلْد - مِمّا يَحفَظُ لها دِفْئَها. وتُهاجِرُ إلى مِنطَقتَي القُطبَيْنِ في الصَّيفِ أعدادٌ ضَخمةٌ من الطُّيور، كالبَطارِقِ وبَطِّ العَيْدَر، حيثُ تَقِلُّ الضَّواري ويتوافَرُ لها وَفْرَةٌ من الطعامِ في ذلك الموسِم.

الفَظّ (فيلُ البَحر)

يَعيشُ الفَظُّ (أودوبيِنُس روزمارُس) قُطعانًا في المُحيطاتِ القُطبيَّةِ الشّماليَّة، ويَحميهِ جِلْدُه العاسي وطبقاتُ الشَّحْمِ تحتَه مِن البَرْدِ القارِسِ ومِن تعدِّياتِ الأفظاظِ الأخرى. ويَستَخدِمُ الفَظُّ نابَيْهِ لاقتِلاعِ المَحارِ التي يَغتَذي بها؛ والنابانِ أطوَلُ في الذُّكور؛ وقد يُشيرُ طُولُهُما إلى مَنزِلةِ الفَظّ بينَ القَطيع.

خَطُّ السّاحل

جَليدٌ طافٍ فوقَ الماء

كُتَلٌ وجِبالٌ جليديَّةٌ انفَصَلَتْ عن الجليدِ المُترابِط

طائرُ الخَرْشَنةِ القُطبيِّ (الشّمالي)

طُيورُ الخَرْشَنَةِ القُطبيَّةُ (ستِرنا بَراديسيه) تُربّي فِراخَها في صيفِ القارَّةِ القُطبيَّةِ الشّماليَّة، ثُمَّ تُهاجِرُ إلى الطَّرَفِ الآخَرِ من الأرضِ لِتَمضِيَةِ الصيفِ في القارَّةِ القُطبيَّةِ الجَنوبيَّة. وهي بِذلكَ تَنعَمُ بِساعاتٍ من ضَوءِ النهارِ أكثرَ من أيِّ كائنٍ حَيٍّ آخَر.

الحُوتُ الأبيض

الدُّلْفينُ (أو الحوتُ) الأبيضُ (دِلْفينابْتِرس لُوكاس) قد يَظَلُّ في مياهِ القارَّةِ القُطبيَّةِ الشّماليَّةِ على مَدارِ السَّنة، رُغمَ أنَّ مُعظمَ الحيتانِ تَزورُ هذه المنطقةَ صَيفًا فقط. وتَغتَذي الدَّلافينُ البيضُ بِصُورةٍ رئيسيَّةٍ بالأسماك، كالقُدِّ والهَلْبوتِ والحَدُّوق.

المُعدَّلُ الشهريُّ لِدَرجاتِ الحرارةِ وكَمِّيّاتِ المَطرِ في حِضْنِ يُوكون، بِألاسكا

دَرَجةُ الحرارة: °س — كَمِّيَّةُ المَطَر: بالسم

درجة الحرارة: ٥٠، ٤٠، ٣٠، ٢٠، ١٠، ٠، ١٠-، ٢٠-، ٣٠-

كمية المطر: ١٦، ١٤، ١٢، ١٠، ٨، ٦، ٤، ٢، ٠

شهر: ١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨ ٩ ١٠ ١١ ١٢

المُناخ

مَناطِقُ القُطبَيْنِ والتَّندرا قارِسَةُ البَرْد. وتَساقُطُ المَطرِ والثَّلجِ فيها قليلٌ لأنَّ الهواءَ البارِدَ لا يَستطيعُ حَمْلَ الكثيرِ مِن الرُّطوبة. وقد تَقِلُّ كَمِّيَّةُ الثّلجِ السّاقِطِ حَوْلَ القُطبَيْنِ عن كَمِّيَّةِ المَطرِ السّاقِطِ في الصَّحراءِ الكُبرى. وتكونُ كُلٌّ من مِنطَقتَي القُطبَيْنِ مُظلِمَةً كُلَّ الوَقتِ طَوالَ الشِّتاءِ فيها، أمّا في صَيفِها، فتَسطَعُ الشَّمسُ ٢٤ ساعةً في اليَوم.

الدُّبُّ القُطبيّ

الفَرْوُ الغَليظُ وطَبَقاتُ الدُّهنِ تَحتَ الجِلْدِ تَحفَظُ لِلدُّبِّ القُطبيِّ (ثالاركتُوس ماريتيموس) دِفْئَهُ في المِنطقَةِ القُطبيَّةِ الشّماليَّة؛ كما إنَّ الدُّهنَ مَصدرٌ احتِياطيٌّ لِلطاقة. وقد تَعتاشُ ذُكورُ الدِّبَبةِ القُطبيَّةِ على قَنصِ الفُقْماتِ (عُجولِ البَحر) طِيلَةَ الشِّتاء.

أراضي التُّندرا

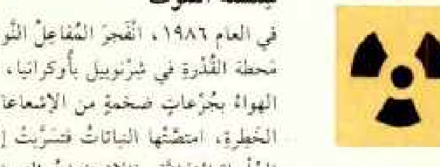
التُّندرا أراضٍ قاحِلَةٌ تُتاخِمُ النِّظامَ البيئيّ القُطبيَّ الشَّماليَّ، يُغَطّيها الحَزازُ وجنَباتٌ صغيرةٌ تنمو في تجمُّعاتٍ كثيفةٍ خَفيضةٍ بعيدًا عن مَهَبِّ الرِّياحِ. وأوراقُ النَّبتِ دَقيقةٌ صغيرةٌ تَمْنَعُ فَقْدَ الماءِ المُفْرِطِ. في الصَّيفِ، تَفْقِسُ الحَشَراتُ، كالبَعوضِ والذُّبابِ الأَسْوَدِ من بيوضِها المُغَرَّزةِ في التُّربةِ؛ فتَغْتَذي بدَمِ اللَّبوناتِ الكِبارِ، كأيايلِ الرَّنّةِ؛ وهي بِدَورِها تَغْدو طعامًا لِلطُّيورِ.

طُحلبُ الرَّنّة الحَزازي (من نوع كلادونيا) امتصَّ إشعاعاتٍ خَطِرةً من الهواء.



سِلْسلةُ التَّلَوُّث

في العام ١٩٨٦، انْفجرَ المُفاعِلُ النَّوويُّ في مَحطة القُدْرة في تشرنوبيل بأوكرانيا، فتلوَّثَ الهواءُ بجُرُعاتٍ ضخمةٍ من الإشعاعاتِ الخَطِرةِ، امتصَّتْها النباتاتُ فتسرَّبَتْ إلى السِّلْسِلةِ الغِذائيّة. فالإشعاعاتُ التي امتصَّتْها طَحالِبُ الرَّنّة، مثلًا، انتقلَتْ إلى أيايلِ الرَّنّة ومنها إلى البَشَر.



أيايلُ الرَّنّة (رانجيفر تاراندوس) أكلتْ الحزازَ المُشعَّعَ فغدا لحمُها طعامًا غيرَ صالحٍ لِلإبلانديّين.



دِراسةُ طَبقةِ الأوزون

يَقْصِدُ العُلماءُ المِنطَقتَيْنِ القُطبيَّتَيْنِ الشَّماليّةَ والجَنوبيّةَ لِدِراسةِ طَبقةِ الأوزون. فيقومون بإجراءِ التَّجارِبِ، على الأرضِ أو في مناطيد، لاختبارِ تَلَوُّثِ الهواءِ وكمّيّةِ الأوزون. إنَّ مُشْكِلةَ الأوزون فوق القُطبَيْنِ خَطيرةٌ تُفاقِمُها ظُروفُ الطَّقْسِ القُصوى. فمُسْتَوياتُ الأشِعّةِ فوقَ البَنَفْسَجيّةِ العاليةِ المُتَسرِّبةُ إلى الأرضِ تُضِرُّ بالعَوالِقِ البَحْريّةِ، فتُعَطِّلُ بداياتِ الكثيرِ من السَّلاسِلِ الغِذائيّة.

ثيرانُ المِسْك

تَسْتَوطِنُ ثيرانُ المِسْك (أوفيبوس موسكاتُس) مناطِقَ التُّندرا القُطبيّةَ. وهي ذاتُ كِساءٍ صُوفيٍّ تُعَزِّزُه طبقاتٌ سميكةٌ من الدُّهْنِ تَحْتَ الجِلْد. في الشِّتاء، تُسَرْبِلُ الثيرانُ بكُسْوةٍ فوقيّةٍ طويلةٍ من الشَّعْرِ الصّامِدِ لِلرّيح. وتتجمَّعُ الثيرانُ في حَلْقةٍ تتوسَّطُها صِغارُها طلبًا للدِّفْءِ، واتِّقاءً من الضَّواري.

بَطُّ العَيْدَر

في الصَّيف، يُهاجِرُ بَطُّ العَيْدَر (سوماتريا مولّيسيما) لِلتَّعشيشِ في المِنطقةِ القُطبيّةِ الشَّماليّة. فتُبَطِّنُ الأُنثى العُشَّ بريشٍ زَغَبيٍّ تَنْتِفُهُ من صَدْرِها لِتَحْفَظَ به دِفءَ البيوض.





تحتَ سَطْحِ التُّندرا بقليل تُوجَدُ طَبَقةٌ دائمةُ التَّجَمُّدِ تُدعى الأرضَ الجَمْوديّة. في الصيف، تَذوبُ التُّربةُ فوقَ الأرضِ الجَمْوديّة؛ لكنَّ المياهَ لا تَجِدُ لها مَصْرِفًا، فتتجمَّعُ فوقَ السَّطحِ مُكوِّنةً بِرَكًا مُسْتَنْقَعيّة.

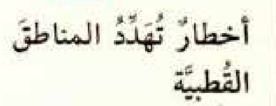
البَطاريق

تَسْتَوطِنُ البَطاريقُ نِصْفَ الكُرَةِ الجَنوبيَّ من أرخبيل جلاباجوس حتّى المناطِقِ القُطبيّة. وهي لا تَستطيعُ الطَّيَرانَ، لكنَّها سبّاحةٌ ماهِرةٌ تَسْتَخدِمُ أجنِحَتَها كزَعانِفِ تَجْذيفٍ. وهي تُلازِمُ الشَّواطئَ لِوَضْعِ البيوضِ وتَرْبيةِ الفِراخ. والبعضُ منها كبَطاريقِ الأدلاي (پيجوسيليس أدلايي) يَسيرُ إلى مواقِعِ التَّعشيشِ أكثرَ من ٣٥٠كم.

لمزيد من المعلومات انظر

الطاقةُ النَّوويّة ص ١٣٦
الفُصُول ص ٢٤٣
المُناخ ص ٢٤٤
نِظامُ النَّقْلِ في النَّبات ص ٣٤١
البَشَرُ وكوكَبُهم ص ٣٧٤
السَّلاسِلُ والشَّبَكاتُ الغِذائيّة ص ٣٧٧
الهِجْرةُ والإسْبات ص ٣٨١





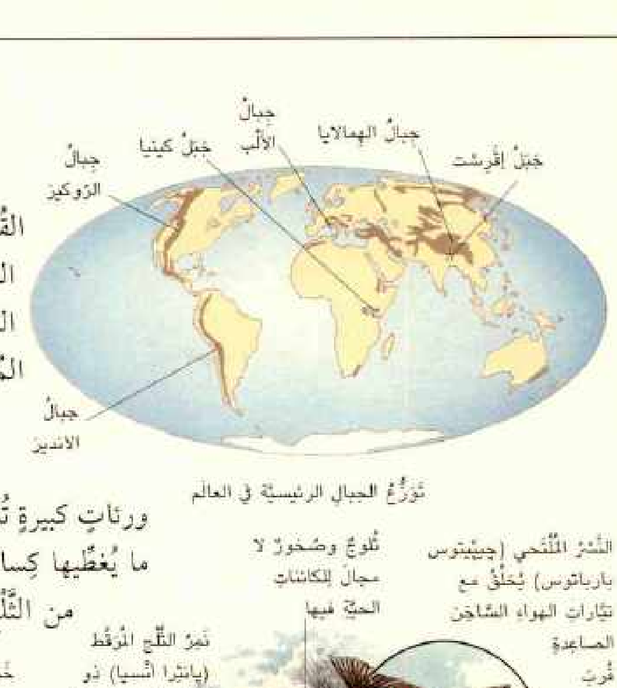
أخطارٌ تُهَدِّدُ المناطقَ القُطبيّة

يَمْتَدُّ خَطُّ أنابيبِ النِّفطِ عَبْرَ ألاسكا مسافةَ ١٣٠٠كم – مُتَجَنِّبًا أماكنَ تعشيشِ الطُّيورِ النادرة، ومُحَسَّرًا في أماكنَ أخرى لِيَسْمَحَ بمرورِ الحَيواناتِ المُهاجِرةِ تَحْتَه. لكنَّ إنشاءَ خَطِّ الأنابيبِ هذا أضَرَّ بالبيئةِ وشَوَّشَ طُرُقَ الهِجرةِ التقليديّة. كما إنَّ الطُّرُقاتِ التي شُقَّتْ على مَقْرُبةٍ من الخَطِّ فتَحَتِ المِنطقةَ للصَّيّادينَ المُتَلَصِّصين.

لاموسُ التَّرويج

تَقْضي اللَّوامِسُ، كلاموس التَّرويج (لموس لِموس)، مُعظَمَ حياتِها مُسْتَتِرةً بين النباتاتِ أو مُنْجَحِرةً تحتَ سطحِ التُّربة. في الشِّتاء، تَحْفِرُ اللَّوامِسُ نَفَقًا تحتَ الثَّلجِ كعازِلٍ يَقيها من البَرْدِ القارِس. ويتباينُ عددُ اللَّوامِسِ قِلّةً أو ازديادًا – بالغًا أَوْجَهُ كُلَّ أربَعِ سنواتٍ تقريبًا.

الجبَال



تَوَزُّعُ الجبالِ الرئيسيّة في العالم

مُناخِيًّا، صُعودُ الجَبَلِ أشبهُ بالانتِقالِ عَبْرَ الأرضِ من خَطِّ الاستِواءِ إلى أحدِ القُطبَين - تَعْبُرُ فيه جميعَ الأنظمةِ البِيئيَّةِ الرئيسيَّةِ من حِراجٍ في المُنحَدَراتِ الخفيضةِ إلى سُهوبٍ عُشبيَّةٍ وتَندرا وثُلوج. وتُجابِهُ الأحياءُ البَرِّيَّةُ في المُنحدرات الأعلى درجاتِ الحرارة الجُمودِيَّةَ والرِّياحَ العاتِيَةَ والهواءَ المُخَلْخَل. وتَنمو النباتاتُ في تجمُّعاتٍ كثيفةٍ ذاتِ أوراقٍ غليظةٍ زَغِبَةٍ تَحْتَبِسُ الحرارةَ وتُقَلِّلُ فَقْدَ الماء. ويَغْلِبُ تَواجُدُ الحشَرات اللاّجَناحِيَّةِ - كَوْنَ الرِّياحِ القويّةِ لا تُواتي الطَّيران. وبعضُ اللَّبُوناتِ الجبليَّةِ مُهايأةٌ بِقُلوبٍ ورِئاتٍ كبيرةٍ تُساعِدُها في الحُصول على كِفايتها من الأُكسجين في جَوٍّ قليلِ الكَثافة. وغالبًا ما يُغطِّيها كِساءٌ فَرْوِيٌّ يَقيها شِدَّةَ البَرْد؛ وقد يَبْيَضُّ لَونُ هذا الكِساءِ شِتاءً تَمويهًا لَها في بِيئةٍ من الثَّلجِ والجليد.

خَطُّ الشَّجَر

الارتِفاعُ الذي يتوقَّفُ عنده نُمُوُّ الشَّجَرِ بسَبَبِ البَرْدِ القارِس والرِّياحِ العاتِيَةِ يُدعى خَطَّ (نُمُوِّ) الشَّجَر. أمّا خَطُّ الثَّلجِ فهو الحافَّةُ السُّفليَّةُ للمنطقةِ المُغطّاةِ بالثُّلوجِ دَومًا. ويعتمدُ ارتفاعُ هذَين الخَطَّين على القُطْبِ كما على القُرْبِ أو البُعْدِ عن خَطِّ الاستِواء.

خَطُّ الثَّلج

خَطُّ الشَّجَر

جَبَلُ كينيا	جِبالُ الهِمالايا	جِبالُ الألب	المِنطقةُ القُطبيّة
على خَطِّ الاستِواء	٣٠° شَماليَّ خَطِّ الاستِواء	٤٥° شَماليَّ خَطِّ الاستِواء	الشماليّة ٧٠ شَماليَّ خَطِّ الاستِواء

أخطارٌ تُهدِّدُ البيئةَ الجبليَّة

الأنظمةُ البِيئيَّةُ الجبليَّةُ أقَلُّ تعرُّضًا من سِواها للأخطارِ الماثِلة. فالكثيرُ من الجبالِ غدا المَلْجأَ الأخيرَ لأنواعٍ نادرةٍ من الكائناتِ الحيَّة. لكنَّ بعضَ الغاباتِ الجبليَّةِ وجُرودِ الجَنَباتِ طالَتْها يَدُ التدميرِ لإنشاءِ مُنتجعاتٍ ومرافِقَ للتَّزلُّج. وفي سبيلِ هذه الإنشاءاتِ، من مبانٍ وطُرُقٍ ومُنحدراتِ تَزَلُّجٍ، تُبادُ نباتاتٌ جبليَّةٌ فريدةٌ وتُجرَفُ تُرَبٌ رِخْوَةٌ هَشَّةٌ - مع ما يَجُرُّه ذلك من خَلَلٍ وخطرٍ على الأحياءِ الجبليَّةِ الطبيعيَّة.

مُنحدَرُ تزلُّج

النَّسْرُ المُلْتَحي (جِيبِيتوس باربِاتوس) يُحَلِّقُ مع تيّاراتِ الهواءِ السّاخِنِ الصاعِدةِ قُربَ القِمَم.

ثُلوجٌ وصُخورٌ لا مجالَ للكائناتِ الحيّةِ فيها

نَمِرُ الثَّلجِ المُرقَّط (بانثِرا أُنسيا) ذو كِساءٍ كثيفٍ يَحفظُ له دِفئَه.

التُّندرا - صُخور عارِيةٌ وتُرْبةٌ مُتجمِّدة.

ثَوْرُ التِّيبِت (بُدُورْكاس تَكْسيكُلور) ذو قوائمَ قويَّةٍ وحوافِرَ كبيرةٍ تُمكِّنُه من تسلُّقِ المُنحدراتِ الشديدةِ الانحِدار.

سَهْبٌ عُشْبِيٌّ ألْبِيٌّ - يَزْخَرُ بالأزهارِ والحشَراتِ في الصَّيف.

يعيشُ الحِمارُ البريُّ (إكْوُس هميونُس) في أعالي السُّهوبِ العُشْبيّةِ صيفًا، ويَرْحَلُ إلى مستوياتٍ أخفضَ في الشِّتاء.

جَنَباتٌ خفيضةُ النُّمُوِّ - كالوَرْدِيَّةِ (رودودِندرون) والعَرْعَرِ والبِتولاءِ القَزَمَة.

غابةٌ صَنَوبَرِيَّةٌ باردة - من أشجارِ الأَرْزِ والصَّنَوبَرِ والتَّنُّوب.

البَنْدا الأحمرُ (إيلورُس فُلْجِنْس) مُتسلِّقٌ ماهِر.

لَنْغورُ الهِمالايا (برِسْبيتِس انتِلُس) يَتنقَّلُ صُعودًا وهُبوطًا في الجبلِ مع تغيُّرِ الفُصول.

غابةٌ نَفْضِيَّةٌ مُعتدِلة - من البَلّوطِ والوَرْدِيّاتِ الخَلَنْجِيّة (رودودِندرون)

غابةٌ نَفْضِيّةٌ شِبهُ مُعتدِلة - من أشجارِ السّال والأرجون والسّاج

المَناطِقُ الجبليَّة

الجبالُ عمومًا ذاتُ نُطُقٍ عريضةٍ مُتميِّزةٍ، لِكُلٍّ منها نَباتاتُه وحيواناتُه. ففي جبالِ الهِمالايا على الحُدود بينَ النِّيبال والهِند نَجِدُ غاباتٍ نَفْضِيَّةً دافئةً في النِّطاقِ السُّفليّ؛ يليه نِطاقٌ أبرَدُ من الحِراجِ الصَّنوبريّة. ويقَعُ خَطُّ الشَّجرِ على ارتفاعِ ٣٤٠٠م تقريبًا. وفوقَ هذا الخطِّ نجِدُ فقط جَنَباتٍ وجُنَيباتٍ خفيضةَ النُّمُوِّ، تَندمِجُ مع السُّهوبِ العُشبيَّةِ والصُّخورِ العاريةِ تحتَ القِمَمِ المُغطّاةِ بالثلوج.

لمزيدٍ من المعلومات انظر

الشَّواطِئ

مُلتقى البَحْرِ باليابسَةِ يُؤلِّفُ مَنظوماتٍ بيئيَّةً غَنيَّةً بأنواعِ الغِذاء - بَعضُه مِن مَجروفاتِ الأنهُرِ، وكَثيرُهُ من مَحْمولاتِ المَدّ. وقد تكيَّفَتْ حيواناتُ ونباتاتُ هٰذه المناطِقِ لمُجابهةِ ظُروفِها الصَّعبةِ؛ فالبيئةُ فيها دائمةُ التغيُّرِ بفِعلِ المَدْرِ (المَدِّ والجَزْرِ) والأمواجِ التي تُحرِّكُ الرَّملَ والحصَى مع الماءِ صُعودًا وهُبوطًا على طُولِ الشّاطِئ. وعند انحِسارِ المَدِّ تَبْقَى النباتاتُ والحيواناتُ مُعرَّضةً للهواءِ وعَصْفِ الرِّياحِ والمَطَرِ وشَعِّ الشَّمْس. وفي الشواطئِ القُطبيَّةِ والمَداريَّةِ تُجابِهُ الحَيواناتُ والنباتاتُ درجاتِ الحرارةِ القُصوى بَرْدًا وحَرًّا.



مَصَبّاتُ الأنهُر

تَلتقي الأنهارُ بالبَحْرِ في مَصَبّاتِها. وقد تُشاهَدُ الطُّيورُ الخَوّاضةُ كالطَّيطَوى الأحمرِ السّاقَين (ترِنْجا توتانُس)، سائرةً عَبْرَ المياهِ الضَّحْلةِ بَحْثًا عن الغذاءِ في الوَحْلِ بمَناقيرِها الطويلة. ومَصَبّاتُ الأنهُرِ كبيرةُ الأهميّةِ للطُّيورِ المُهاجرةِ شِتاءً - إذ إنَّ الكثيرَ منها يَقطَعُ رِحْلتَه عِندها للرّاحةِ والاغتِذاء.

بَفْن

جُذورُ النجيليّاتِ اليفةِ الرِّمالِ (أمُوفيلا أرناريا) تمتدُّ تحتَ الرَّملِ في شبَكةٍ كثيفةٍ يتماسَكُ الرَّملُ بها.

غاقٌ شاغيّ

طيورُ البَحْرِ كالغاقِ الشّاغيّ (فالاكْروكُوراكْس أرِسْتوطَليس) والبَفْن (فراتِرْكُيُولا أرْكْتيكا)، تُعشِّشُ على الجُرُفِ في مأمَنٍ من الأعداء.

خِلالَ النهار، يظلُّ الشرطانُ المُقنَّعُ (كُوريسْتيس كاسْيڤيلُونُس) قابعًا تحتَ الرَّمْل؛ وهو يتنفَّسُ بسَحْبِ الماءِ عَبْرَ مَجَسَّيْه الأنبوبيَّيِ الشَّكلِ اللَّذَين يُبْرِزُ رأساهما فقط إلى الماء.

أخطارٌ تُهَدِّدُ الشواطئ

قد ينعكِسُ إنشاءُ الفنادقِ والمطاراتِ، على الشواطئ، تهديدًا لِبيئةِ الطَّبيعيّةِ فيها، إذ إنَّ الكثيرَ من الطُّيورِ والزَّواحفِ التي تستوطِنُ (أو تُعشِّشُ قُربَ) الشواطئَ يُزعِجُها الضجيجُ والأنوارُ الساطِعة. فاللجأُ (السَّلاحفُ البَحْريّةُ) الضخمةُ الرأسِ (كارِتّا كارِتّا) التي تقصِدُ الشاطِئَ، في جزيرةِ زاكِنْثُس اليونانيّة، لوَضعِ البَيْض، قلَّ تعدادُها في المناطقِ السياحيّة، مِمّا اضطَرَّ حُماةَ الطبيعةِ إلى حِمايةِ مواقِعِ تَعشيشِها. كذٰلك تتعرَّضُ الشواطئُ للخطرِ من مُكَبّاتِ القاذوراتِ والمجاريرِ والانسِكاباتِ النِّفطيّةِ حَوالَيْها.

فَرْخُ لجاةٍ ضخمةِ الرأس

الرِّمالُ الحُوَّلَة

تحتَ رِمالِ الشاطئِ تتواجَدُ كائناتٌ كالدِّيدانِ والمَحاراتِ مُختبِئةً من ذلك الأمواجِ ومن تَجفافِ الهواءِ عندَ انحِسارِ المَدّ. ويَسْتصفي الكثيرُ من هذه الحيواناتِ فُتاتَ الغِذاءِ من الرَّملِ ومن ماءِ البَحْر. كما تُغَطّي الطحالبُ المِجْهريّةُ سَطْحَ الرِّمالِ أو تطفو في الماء.

المَحارُ التُّلينيُّ الرقيقةُ (تِلِّينا تِنْويس) تحفِرُ في الرَّملِ من الشاطئِ الأوسطِ إلى المياهِ الضَّحْلة. وهي تَسْتَلِقطُ الغذاءَ من قاعِ البَحْرِ بمُثْعَبٍ ماصّ.

الدِّيدانُ الغَزْويّةُ (أرِينِكُولا مارينا) تعيشُ في جُحْرٍ أُنبوبيِّ الشَّكلِ تَحفِرُه في الرَّمل.

الشاطئُ الأعلى

فوقَسٌ قَنَويّ (بِلْڤيتيا كنالِكُيُولاتا)

بِريوِنْكل قوقَعٍ شاطئيّ غليظ (ليتّورينا ساكْسَتيلِس)

برانِقُ جَوزةِ البَلّوط (بَلانُوس بَلَنُويْدِس)

الشاطئُ الأوسط

نَطْلِيتوس (باتِلّا إنتِرميديا)

فوقَسٌ نتانيّ (فيُوكُس فيسيكُيُولوسس)

شُقَيْقُ البَحْرِ الخُنْبيي (أكْتينيا إكوينا)

الشاطئُ الأدنى

عُشْبُ مِجْذافيّ (لامينارْيا دِجيتاتا)

زِقِّيٌّ شائع (سيُونا إنتِسْتيناليس)

نَجْمُ البَحْرِ القُرْمزيّ (هِنريشيا أكْيُولاتا)

المناطقُ الشّاطئيّةُ الصَّخريّة

تتميَّزُ المناطِقُ الشّاطئيّةُ الصَّخريّةُ عادةً بأصنافِ الطَّحالبِ البَحْريّةِ النامِيةِ عليها. فالطحالِبُ الخضراءُ تنمو على مَقْرُبَةٍ من أعلى الشاطئ، وتنمو الطحالبُ البُنِّيَّةُ على مَقْرُبَةٍ من أسفلِه. وتعيشُ حيواناتٌ مُختلِفةٌ في كُلِّ مِنطَقةٍ تبعًا لِمدى إمكاناتِها العَيْشَ خارجَ الماء.

لمزيد من المعلومات انظر

خطُّ الساحل ص ٢٣٦
الهِجرةُ والانسِياب ص ٣٨١
المُحيطات ص ٣٨٦
الأنهُر والبُحيرات ص ٣٨٨
حقائقُ ومعلومات ص ٤٢٤

المُحِيطات

تُغَطّي المُحيطاتُ ما يفوقُ ٧٠٪ من سَطح الأرض - وهي بذلك تؤلّفُ النِّظامَ البيئيَّ الأعظمَ فيها. وتتواجدُ الأحياءُ في هذا النظام حتى عُمقِ ٤كم أو أكثر. وتَزْخَرُ قيعانُ المُحيطاتِ بالمُغذِّياتِ بفَضْلِ ما يتساقَطُ إليها دومًا من فُتاتِ الطّعام ونَجْوِ الحيوانات وبَقايا الكائناتِ المَيْتة من حيوانٍ ونبات. وتتعَدَّدُ أنواعُ المَواطِنِ في المُحيطات من صَحارٍ رمليّةٍ وجبالٍ ضخْمَةٍ إلى شِعابٍ مَرْجانيَّةٍ ومِياهٍ مَفتوحةٍ لِمُختلِف التيّارات. والمُحيطاتُ لا تَحوي الكثيرَ جدًّا من الأنواع؛ فلا تتجاوزُ أنواعُ الكائناتِ فيها ٢٠٪ من مَجموع الأنواعِ الحيَّةِ على الأرض - تِسْعةُ أعشارِها تستوطِنُ القِيعان.

المُحيطُ الأطلنطي الشمالي
المُحيطُ القُطبيُّ الشمالي
المُحيطُ الهادئ
المُحيطُ الأطلنطي الجَنوبي
المُحيطُ الهادئ
الحاجزُ المَرجانيُّ العظيم
المُحيطُ الهندي
المُحيطُ القُطبي الجَنوبي

تَوزُّعُ المُحيطاتِ والشِّعابِ المَرجانيّةِ في العالم

العَوالِق

مُعظمُ السَّلاسِلِ الغِذائيّةِ المُحيطيّةِ تبدأُ بالعَوالقِ المِجْهريّةِ في النِّطاقِ المُضاء. فالعوالقُ النباتيّةُ، كالدياتوميّات (الطحالبِ الوحيدةِ الخليةِ) تُوفِّرُ غِذاءً لِلعوالقِ الحيوانيّةِ (الحيواناتِ الدقيقة). وتَشْمَلُ العَوالقُ الحيوانيّةُ أعدادًا كبيرةً من يَرَقاتِ بعضِ الحيوانات كالقُرَيْدِس والسَّرطان، وهي تُوفِّرُ غِذاءً لأنواعٍ مُختلِفةٍ من الأسماك. وهٰذه الأسماكُ بِدَوْرِها تأكُلُها أسماكٌ ولَبونات بَحْرِيَّةٌ أُخرى.

المُحيطاتُ الأبرَدُ أغنى بالعوالقِ النباتيّةِ بِفَضلِ تَوافُرِ المُغذّياتِ الضروريّةِ لِعمليّةِ التخليقِ الضوئيّ، كالفُسْفورِ والنِّتروجين، فيها.

المُحيطاتُ مُتَّصلةٌ بعضُها ببعض، فتستطيعُ الحيواناتُ التنقُّلَ بينَها، وقد يَشْغَلُ المجالَ البيئيَّ المعيَّنَ نَفْسَهُ نوعٌ واحدٌ من التَّعضِّيات على نِطاقٍ عالمي.

النُّطُقُ المُحيطيَّة

هنالكَ نَوعانِ رئيسيّانِ من المَواطِنِ البيئيّةِ في المُحيط هما الماءُ نَفْسُه أي المَوطِنُ البَحْريّ، والقَعْرُ أو المَوطِنُ القاعيّ. ويُقسَّمُ المَوطنُ البَحْريُّ إلى عِدّةِ نُطُقٍ أعماقيّة. في الماءِ الرائقِ يَصِلُ ضَوءُ الشَّمسِ إلى عُمْقِ ١٠٠م تقريبًا، أمّا في المياهِ المُوحِلةِ فقدْ لا يَبْلُغُ المِتْر. وهذا النِّطاقُ الرقيقُ الذي تستطيعُ فيه النباتاتُ القيامَ بعمليّةِ التّخليقِ الضوئيّ، يُدعى النِّطاقَ المُضاء. ويَليه سُفْلًا، حَتّى عُمْقِ حوالى ٢٠٠٠م، نِطاقٌ لُجِّيٌّ قليلُ الضوءِ جدًّا أو عَديمُه. أمّا نِطاقُ الأعماقِ الغَوْريّةِ في المُحيطاتِ فقَدْ يمتدُّ إلى أكثرَ من ٦٠٠٠ مِترٍ عُمْقًا.

حيتانُ العَنْبر (فَيْسَتِر كَتُودون) تَغْتذي بالسَّبيدج بِصُورةٍ رئيسيّةٍ وباستطاعتِها الغوصُ إلى عُمْقِ ١٠٠٠م على الأقلّ بَحْثًا عن فرائسِها، وتستخْدِمُ في ذلك نِظامَ سَبْرٍ بالصَّدى (سُونار) بالِغَ الجَدْوى لِلبَحْثِ عن الطّعام في ظُلمةِ الأعماق.

كيماويّاتُ الأعماق

في قاعِ المُحيطِ الهادئ تتواجَدُ شُقوقٌ في القِشْرةِ الأرضيّةِ تتفجّرُ منها مياهٌ حارّةٌ، غنيّةٌ بالمركّباتِ الكبريتيّة، عَبْرَ فَجَواتٍ أُنبوبيّةٍ طويلة. وعلى مَقْرُبةٍ من هذه الحمّاتِ تعيشُ حيواناتٌ بامتصاصِ الكيماويّاتِ المُذابةِ في الماء، كما تَقومُ البكتيريا بتحويلِ هذه الكيماويّاتِ في أنسجتِها إلى طاقةٍ تحتاجُها تلكَ الحيوانات.

السِّلْسِلةُ الغِذائيّةُ قُرْبَ فَجَواتِ هذه الحمّاتِ تبدأُ بالبكتيريا التي لا تحتاجُ ضوءًا لِعمليّةِ التخليقِ الضوئيّ.

تعيشُ قُرْبَ فَجَواتِ الأعماقِ الأنبوبيّةِ ديدانٌ عِملاقةٌ (رِيفْتِيا باكيبْتِلا) قد يبلغُ طولُ الواحدةِ منها ٣ أمتار.

إيجادُ الطّعام

إيجادُ الطّعامِ عَسيرٌ في أعماقِ المُحيطاتِ المُظْلِمة. ولهٰذا نَجِدُ أسماكَ الأعماقِ، كسَمَكِ «أبو شِصّ» (ملانوكوتس جونسوني)، مُهيّأةً بزوائدَ تُولِّدُ بها أضواءً تَجتذِبُ الفرائِس، وبِمِعَدٍ ضَخْمَةٍ لاستيعابِ أكبرِ كمّيّةٍ من الطّعام.

أخاديدُ الأعماقِ المُحيطيّةِ تؤلِّفُ ما يُسمّى النِّطاقَ الجهنّمي. والمعروفُ أنّ الأخدودَ الأعمقَ هو أخدودُ مارياناس في المُحيطِ الهادئ، ويبلُغُ عُمْقُه ١١٠٣٤م؛ أي إنّ بِوُسْعِه استيعابَ جَبَلِ إفرِست.

جاك إيڤ كوسْتو

اشتُهِرَ الفرنسيُّ جاك كوسْتو (١٩١٠-١٩٩٧) باستكشافاتِهِ تحتَ الماء. ففي أوائلِ الأربعينيّات من القرْنِ العِشْرين طوَّرَ رِئةَ الغَوْص (لِلتنفُّسِ تحتَ الماء) بمُعاونة المهندس الفرنسيّ إميل جانيون، فشجَّع ذلكَ الكثيرينَ على استِكْشاف المُحيطات - مِمّا زادَ كثيرًا في مَعارِفنا عن الحياة في أعماقِ البحار. كذلكَ ساعدَ كوسْتو في تطويرِ كاميرا صامِدةٍ لِلماء، وأنتجَ عِدّةَ أفلامٍ تُصوِّرُ الحياةَ تحتَ الماء - من ضِمْنِها «العالَمُ الصّامت». وقد قامَ كوسْتو بِحَمَلاتٍ مُضادّةٍ لأعمالِ التعدين في القارةِ القُطبيّةِ الجنوبيّة.

الشّعابُ المَرْجانيّة

الحاجزُ المَرجانيُّ العظيم في أُستراليا هو الشّعْبُ المَرْجانيُّ الأضخَمُ في العالَم. وتحوي الشّعابُ المَرجانيّةُ أنواعًا عديدةً من الحياةِ البريّة - رُغم أنّه لا تتوافرُ مُغذّياتٌ كثيرةٌ في مياهها؛ فمُتَعضّياتُ الشّعابِ تُعيدُ تدويرَ هذه المُغذّياتِ سريعًا جدًّا فلا يُهْدَرُ منها شيءٌ. ويَقْتصِرُ عَيشُ المَرْجانيّاتِ على المياهِ المالِحة الدافئةِ النّقيّةِ التي لا يَزيدُ عُمْقُها على ٣٠م - حيثُ تصِلُها وَفْرةٌ من نُورِ الشّمْس. وتستوطِنُ أجسامَ المَرجانيّاتِ طحالبُ متنوّعةٌ تحتاجُ ضوءَ الشّمْسِ لِتخليقِ غِذائها. والشّعابُ المَرْجانيّةُ مُهدّدةٌ بأخطارِ التلوُّث والتعدين وارتفاعِ مُستوياتِ البحارِ بِسَببِ ظاهِرةِ الدّفيئات.

المَرجانيّاتُ حيواناتٌ دقيقةٌ تستَصْفي الغِذاءَ من الماء بلوامِسَ مُتموّجة. وتتراكمُ هياكلُ المَرجانيّاتِ لِتكوِّنَ شِعابًا أو زوابيَ مَرْجانيّة.



المياهُ الضّحْلةُ قُربَ القارّاتِ تزْخَرُ بالمُغذّياتِ المُنْجرِفةِ من البَرّ. وتعملُ العواصِفُ على مَزْجِ المياهِ رافِعةً المُغذّياتِ إلى سَطحِ الماء.

يجري مُعظمُ صيدِ السّمَك في المياهِ الضّحلةِ على مَقْرُبةٍ من حَوافِّ القارّات.

يتكوَّنُ الشّعْبُ المَرْجانيّ بتراكُم هياكلِ المَرجانيّات عَبْرَ آلافِ السّنين.

يبرُزُ من القارّاتِ تحتَ المُحيطات طُنُفٌ ضيِّقٌ من البَرّ يُدعى الرّصيفَ وتؤلِّفُ المياهُ الضّحْلةُ فوقَ هذا الرّصيفِ المنطقةَ تحتَ الشّاطئيّة.

لُبوناتُ المُحيطات

تعيشُ الحيتانُ، أضخمُ حيواناتِ الأرض، في المُحيطاتِ - حيثُ المدى المائيُّ الشاسِعُ لِتحرُّكِها وغَوصِها وحَمْلِ أجسادِها الضخمة. وتستطيعُ الحيتانُ، وهي من اللّبونات، البَقاءَ تحتَ الماء مُدّةَ ساعةٍ تقريبًا. وعندما تصعَدُ إلى سَطحِ الماءِ لِلتنفُّسِ تزفِرُ الهواءَ المُستهلَكَ وبخارَه المُتكاثِفَ عَبْرَ مِنْخَرَين في أعلى الرأسِ بانبِجاسٍ نافوريّ، ثُمّ تأخذُ هواءً نقيًّا.

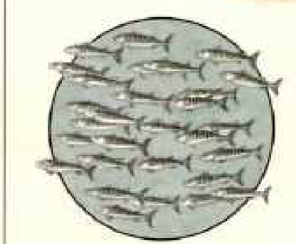
أخطارٌ تُهدِّدُ المُحيطات

أخطرُ ما يُهدِّدُ النُّظُمَ البيئيّةَ المُحيطيّةَ هو التلوُّث بالنّفط وأقذارِ المجارير والنّفاياتِ الصّناعيّة. كذلكَ فإنّ التزايُدَ المُطّرِدَ في أعمالِ ووسائلِ صَيدِ الأسماكِ والحيتان وغيرِها، نتيجةَ لِتكاثُرِ سكّان العالَم وكثرةِ الطّلَبِ على الموادِّ الغذائيّة، غدا يُهدِّدُ بقاءَ الأحياءِ المائيّةِ ومصيرَها - حتّى إنّ الأسماكَ انعدَمَتْ في بعضِ المناطِق. فالشِّباكُ المَتينةُ التي تُنصَبُ على مدى ٦٠كم عَبْرَ المُحيط والتّقنيّاتُ الحديثةُ المُستخدَمةُ في الصيد قلّما تترُكُ لِلأسماكِ مَجالًا لِلإفلات. لكنّ بعضَ البُلدان أخذت تُحدِّدُ كمّيّاتِ الأسماكِ المَسْموحِ صَيْدُها؛ وبعضُ هيئاتِ الحمايةِ تَفرِضُ استخدامَ شِباكٍ واسعةِ الثقوب تَسمحُ لِلأسماكِ الصغيرةِ بالإفلات لتكوينِ الجيلِ التالي.



انخفضَتْ أعدادُ سمَكِ الرِّنْكة بشكلٍ لافِتٍ في العِشْرينَ سنةً الأخيرة.





أسرابُ السّمَك

تَسْبَحُ الأسماكُ، كالأُسقُمْريّ (سكُمْبَر سكُمْبَرس) قُرْبَ السّطح في المياهِ الضّحلة. وهي تستَصْفي نُتَفَ الغِذاءِ الصغيرة من الماء بأمشاطِ خياشيمِها المِرْجَليّةِ الشّكل.

لمزيد من المعلومات انْظُر

الكبريت ص ٤٥
البحارُ والمُحيطات ص ٢٣٤
المُتعضِّيات الوحيدةُ الخليّة ص ٣١٤
قناديلُ البَحرِ والشّقائق البَحْريّة والمَرْجانيّات ص ٣٢٠
الأسماك ص ٣٢٦
اللّبونات ص ٣٣٤
التّخليقُ الضوئيّ ص ٣٤٠
الاغتِذاء ص ٣٤٣

الأَنْهارُ والبُحَيْرات

المياهُ الرَّاكِدةُ في البِرَكِ الصغيرةِ والبُحَيْراتِ الضَّخْمة، كما المياهُ الجاريةُ في الجداولِ الجبليَّةِ والأنهارِ العريضة، كُلُّها نُظُمٌ بِيئيَّةٌ من المياهِ العَذْبة. بعضُ هذه المَنظوماتِ موسميُّ التغيُّر، وبَعضُها يتغيَّرُ باستِمرار. فالطَّقسُ والعواملُ الطبيعيَّةُ، كالنَّحات، تُؤثِّرُ في كمّيَّةِ المياهِ في كُلِّ مِنطقة. فالأنهارُ تُغيِّرُ مَجاريها، وبُحيراتٌ جديدةٌ تتكوَّن؛ وهذه قدْ تَمتلِئُ بالموادِّ الغِرْيَنِيَّةِ المُترسِّبةِ وتتحوَّلُ إلى أرضٍ جافَّة. وبَعضُ هذه البِرَكِ والجَداولِ النهريَّةِ لا تظهَرُ إلّا شِتاءً فتَسْتَوطِنُها جماعاتٌ بَسيطةٌ فقط. أمّا الأنهارُ والبُحيراتُ الكبيرةُ فتَضُمُّ مَجموعاتٍ أحيائيَّةً مُعقَّدةً تنامَتْ وتطوَّرَتْ على مَدى مِئاتِ السِّنين.

عَلقةُ الخَيْل (هيمُوبيس سَنْجويسُوجا) تُلصِقُ شَفّاطاتِها بالحِجارة، وتَتَغذّى بالديدان وبيرقاناتِ الحَشَرات والقواقع.

جَدْوَلٌ جَبَليٌّ سَريع

التّروتةُ النُّبْنيّة (سَلْموتروتّا) تُفَضِّلُ المياهَ الباردةَ الوفيرةَ الأُكسجين. وهي سبّاحةٌ ماهرةٌ تستطيعُ السِّباحةَ ضِدَّ التيّاراتِ القَوِيّة.

السُّرْمانات البالِغةُ تضعُ بُيوضَها فوقَ النَّبْت، لكِنَّ يرقاناتِها (الحواري) تظَلُّ في الماء حتّى تتحوَّلَ إلى حشَراتٍ بالِغة.

تُوَفِّرُ نَبْتةُ لِسانِ الحَمَلِ المائيّةُ (اليزما بلَنْتاجو أكْوَتيكا) مَلْجَأً للطيور، إذ تنمُو إلى عُلُوِّ مِترٍ تقريبًا.

نَهْرٌ فَتِيٌّ سَريع

الرَّفرافُ الآسيويُّ الأوروبيّ (السيدُو أتيس) يُعَشِّشُ في جُحورٍ بضِفافِ الأنهار، ويَغُوصُ في الماء قرابةَ ١٠٠ مرّةٍ يوميًّا لاصطيادِ السَّمَك.

نَهْرٌ بَطيءٌ بالِغ

من المَنْبَعِ إلى البَحْر

يتوافَرُ الأُكسجينُ في المياهِ السَّريعةِ الجَرَيان قُرْبَ مَنْبَعِ النَّهر، لكِنْ تَقِلُّ النَّباتاتُ لاغتذاءِ الحيوانات. فتَبدأُ مُعظَمُ السَّلاسِلِ الغِذائيّةِ هُنا بالموادِّ المَيْتةِ في الماء. وفي القِسْمِ الأوسطِ من النَّهرِ تخِفُّ سُرعةُ المياه، فيتيسَّرُ للنباتاتِ التجذُّرُ والنماءُ فتُوفِّرُ للحيواناتِ غِذاءً ومَلْجأً. أمّا في القِسْمِ الأسفلِ من النهر، على مَقْرُبةٍ من البَحْر، فغالبًا ما تكونُ المياهُ مُوحِلةً بطيئةَ الحركة، وأقلَّ احتواءً للأُكسجين. وتُشَكِّلُ الفَقاريّاتُ كالأسماك، قِسْمًا مُهِمًّا من الجماعةِ الأحيائيّةِ فيها.

القُضاعةُ أو كَلْبُ الماء (لُوترا لُوترا) ذو أقدامٍ مُكفَّفةِ الأصابعِ تُساعِدُه في السِّباحةِ تحتَ الماء. كما يُمكِنُه غَلْقُ أُذُنَيْه لمنعِ دُخولِ الماءِ فيهما.

تعلُو التِّيفا العريضةُ الورق (تيفا لاتيفوليا) إلى أكثرَ من مِترين – فلا يَضيرُها ارتفاعُ مَنسوبِ الماء.

تُقامُ السُّدودُ عَبْرَ الأنهارِ لتخزينِ المياهِ وتوليدِ الكهرباءِ أو لِمَنْعِ الفيضانات. وقد تَغْمُرُ القُرى والأراضيَ الزراعيّةَ بالبُحيراتِ المُتكوِّنة.

الأنهارُ المَداريّة

يَعيشُ تِمساحُ الكَيْمَنِ الأسْوَدُ (ميلانوسوكس نَيْجرا) في نَهرِ الأمازون بأمريكا الجنوبيّة. وهو اللاحِمُ الأعْتى في نظامِه البيئيّ، إذ يلتَهِمُ كُلَّ شيءٍ، من الأسماكِ حتّى الخنازيرِ البرّيّة. لكنّه الآنَ مُعرَّضٌ للانقراض بفعلِ وسائلِ الصَّيدِ البَشَرِيِّ التي تُلاحِقُه.

بُحيرةُ الأرقامِ القياسيّة

بُحيرةُ بيكال، بسَيْبيريا، هي أقدمُ وأعمقُ بُحيرةِ مياهٍ عَذْبةٍ في العالم، إذ يبلُغُ عُمقُها ١٦٢٠م، ويتجاوَزُ عُمْرُها ٢٥ مليون سنة. وتَضُمُّ البُحيرةُ أكثرَ من ١٠٠٠ نوعٍ من الحيواناتِ غيرِ المعروفةِ في أيِّ مكانٍ آخَرَ في العالَم. ومن المُؤسِف أنَّ هذا النِّظامَ البيئيَّ العظيمَ مُهَدَّدٌ بالتلوُّثِ من فَضَلاتِ المَصانعِ والمُدُنِ والزِّراعاتِ القائمةِ حَوْلَ البُحَيْرة.

أخطارٌ تُهدِّدُ الأنهار

إنشاءُ السُّدودِ عَبْرَ الأنهارِ يُكوِّنُ بُحيراتٍ ضَخْمةً تُغيِّرُ طبيعةَ النَّهر. وتوفِّرُ البُحيراتُ المتكوِّنةُ موطنًا بيئيًّا جديدًا للأسماك، لكنّها تُثيرُ مَصاعِبَ حياتيّةً لِبعضِ الحيواناتِ والنباتاتِ الأُخرى. كذلك، فإنَّ السُّدودَ – كَسَدِّ أسوانَ عَبْرَ نَهرِ النيل، بمِصر – تُوقِفُ تدفُّقَ الطَّمْيِ على امتدادِ النهر. وكانَ الطَّمْيُ فيما مَضى يَغْمُرُ الأراضيَ الزراعيّةَ ويُخْصِبُ التُّربة.

لمزيد من المعلومات انْظُر

التَّجْوِيَةُ والنَّحات ص ٢٣٠
الأنهار ص ٢٣٣
الديدان ص ٣٢١
المَفْصِلِيّات ص ٣٢٢
الأسماك ص ٣٢٦
الزّواحِف ص ٣٣٠
السَّلاسِلُ والشَّبكاتُ الغِذائيّة ص ٣٧٧

المَناطِقُ الرَّطْبة

تُغَطّي المناطِقُ الرَّطْبَةُ – من المَناقعِ العُشْبيَّةِ والسَّبَخاتِ الخُثِّيَّةِ والمَغائضِ الدَّغْليَّة، العَذْبةِ أو المالحةِ المياه – قُرابةَ ٦٪ من سَطحِ الأرض. وتؤلِّفُ على اختِلافِها بَعضًا من أغنى النُّظُم البيئيَّةِ في العالَم. فهيَ الأكثَرُ إنتاجًا لِلموادِّ النباتيَّةِ بينَ تلكَ النُّظُم، وتَسْتَوطِنُها مَجموعاتٌ مُتَنوِّعةٌ من صِغارِ اللَّبُوناتِ ومِنَ الطُّيورِ والحَشَراتِ واللّافقاريَّاتِ الأُخرى. وتَقْصِدُها أسرابُ الطَّيرِ المُختَلِفَةُ لِلتعشيشِ حيثُ الأعداءُ قَليلةٌ فيها، فالضَّواري الكبيرةُ تَغوصُ في تُرْبَتِها الرَّخْوَةِ وتَتعطَّلُ حَرَكَتُها. وبِسَبب تَغيُّرِ مُستَويات الماءِ في المواسمِ المختلفةِ يَنْبغي لِلأحياءِ البَرِّيَّةِ، هُنا، التأقلُمُ لِلْعيشِ في ظروفِ الرُّطوبةِ والجَفافِ السَّائدة.

أيَلُ المناقع (سيتاتُنجا)
أيَلُ المناقع (تراجيلافوس سبكي) الإفريقيُّ ذو أظلافٍ مُفَلْطَحةٍ لا تَغوصُ في الأراضي المُنْقَعِيَّة. وهو سَبّاحٌ ماهِرٌ؛ وبإمكانه إذا داهمهُ الخَطَرُ، الغَطْسُ في الماء فلا يظهَرُ منه إلّا طَرَفُ أنفِه لِلتنفُّس.

خَروفُ البَحرِ لَبُونٌ مائيُّ العيش يتنفَّسُ الهواء، وقد يبقى تحتَ الماءِ قُرابةَ ١٥ دقيقةً قبل أن يطفُوَ للتنفُّس.

تَطيرُ فراشةُ الزَّرَد (هِليكونيوس تشاريثونيوس) بَطيئةً بأجنحتِها الطويلةِ الضيِّقة. وتتجمَّعُ جماعاتٌ كبيرةٌ منها ليلًا فوقَ العَساليجِ الجَرْداء.

أعشابٌ مِنْشاريَّة (مُسنَّنةُ الوَرق) تَنْتَثِرُ بينَها تجمُّعاتٌ شَجريَّة

سَرْوٌ أجرَدُ قَزَم (تاكْسُوديوم ديستيكوم)

ينمو صَنَوبرُ المَناقع (پِيْنوس إليوتّي) والنَّخيلُ المُسنَّنُ السَّعَف (سِرِنُوا رِيْپنز) على المُرتفعات.

الطائرُ الأفعواني (أنهِنْجا أنهِنْجا) يَغوصُ في الماء لِصَيدِ السَّمك، ثُمَّ يَجْثُمُ بِنِصفِ مَفتوحِ الجناحَيْنِ لِيُجفِّفَهُما في الشَّمس.

شَجر القرام (المَنْغروف) في سَبَخَةٍ شاطئيَّة

شُكابيسُ الماء (أغْكِسْترودون بيسْيفُورُس) حيَّةٌ أمريكيَّةٌ سامَّةٌ تتصيَّدُ لَيْلًا.

سَمَكُ أبو مِنْقار (لِپيسُوسْتِيُوس اوسَيوس) ذو خياشيم لِلتنفُّس تحتَ الماء، لكنَّه يستطيعُ أيضًا تنفُّسَ الهواء إذا جَفَّت المياه.

التِّمساحُ الامريكي (اليجيتُور المسيسبي) أكبَرُ الزَّواحِفِ في امريكا الشماليَّة وأعلاها خُوارًا – ففي الربيع تَخُارُ الذُّكورُ عاليًا لاجتذابِ الإناث.

سَبَخاتُ فلوريدا الحَرجيَّة (الإڤرْجِليدز)

في الطَّرفِ الجَنوبيِّ من ولايةِ فلوريدا بالولايات المتحدة، توجَدُ مِنطقةٌ شاسعةٌ (حوالى ١٣٠٠٠كم٢) من سَبَخاتِ الحِراجِ السَّرْوِيَّة تَسْتَوطِنُها أنواعٌ نادرةٌ كخَروفِ البَحْر (تريكيوس ماناتُس) والكوْجَر (فِلِيس كونكولور كوري). وهي الآنَ مُنْتَزَهٌ قوميٌّ؛ لكنَّها مُهَدَّدَةٌ بالكيماويَّات الزِّراعيَّةِ والتَّجفيفِ والتلوُّثِ والسِّياحة – فالقوارِبُ السَّريعة تَقْتُلُ أكثَرَ من ١٠٠ خروفِ بَحرٍ سَنَوِيًّا.

مَثَلٌ على التعاقُب البيئي

١

٢

٣

٤

قد تتكوَّنُ السَّبَخَةُ الخُثِّيَّة، حيثُ تَزْخَرُ البُحَيرةُ بالوَحْلِ والنباتاتِ كما يلي: (١) مياهُ البُحَيرةِ صافيةٌ والوَحْلُ في القاع. (٢) يتجمَّعُ الوَحْلُ حَوْلَ جُذورِ النباتات. (٣) تَنمو القَلْحالبُ الحزازيَّةُ وتتراكَمُ روابِيَ من الخُثّ. (٤) تَزولُ البُحَيرةُ ويَبْقى مكانَها قُبَّةٌ من الخُثّ.

دليلُ الرَّمز اللوني


ماء


خُثٌّ مَنْقَعي


طَفْلٌ بُحَيْري


وَحْلٌ بُحَيْري


خُثٌّ

شَجَرُ القَرام (المَنْغروف)



أكثَرُ الأشجارِ شُيوعًا في مَناقعِ المياه العَذْبةِ أو المالحةِ الاستوائيَّةِ هيَ أشجارُ القَرام (المَنْغروف). فهي تستطيعُ العيشَ في الوُحولِ المُشْبَعةِ بالماء بِفَضلِ مَسامِّ التنفُّسِ في جُذورِها. وبعضُ القَرامِ ذو جُذورٍ هوائيَّةٍ (فوقَ الماء) تحصلُ على الأكسجين. وينمو القَرامُ الأحمر (ريزوفورا مانجل) في السَّبَخاتِ الساحليَّةِ ومَصبَّاتِ الأنهُر، فَيَحميها من العواصِفِ وأمواجِ المَدّ.

لمزيد من المعلومات انظُر
الضَّغط ص ١٢٧
الزَّواحِف ص ٣٣٠
اللَّبونات ص ٣٣٤
الغِلافُ الحَيَويّ ص ٣٧٠
الحياةُ البَرِّيَّة في خَطَر ص ٣٩٨

الصَّحاري



الصَّحاري الرئيسيَّةُ في العالَم

الصَّحاري أكثرُ المناطقِ جَفافًا على الأرض، إذْ يَقِلُّ مُعَدَّلُ المَطَر السَّنَويُّ في مُعظمِها عن ١٠سم؛ وقد تُحْتَبَسُ الأمطارُ في بَعضِها تمامًا مَدى عِدَّةِ سَنَوات. والصَّحاري في غالِبِيَّتِها حارَّةٌ بِحَيْثُ إنَّ ما يتبَخَّرُ من مائها إلى الهواءِ أكثَرُ مِمّا يَسْقُطُ علَيْها من مَطَر. وتُجابِهُ النباتاتُ الصَّحراويَّةُ هذه الظُّروفَ بِجُذورٍ غائرةٍ أو واسِعَةِ الاِنتِشار، إضافةً إلى قُشورٍ لِحائيَّةٍ عاسِيَةٍ وأوراقٍ صَغيرةٍ أو شوكيَّةٍ ووسائلَ خاصةٍ أُخرى لِاختِزانِ الماء. أما الحيواناتُ الصَّحراويَّةُ فالكثيرُ مِنها لا يَشْرَبُ مُكْتَفِيًا بما في طَعامِه من ماءٍ. ونَتيجةً لِقِلَّةِ أنواعِ النباتِ والحيوانِ في الصَّحاري فإنَّ التُّربَةَ شَحيحةُ التَّزَوُّدِ بالمُخصِباتِ من فَضَلاتِ الكائناتِ الحيَّةِ وبَقاياها؛ كما إنَّ هذا القليلَ من المُغَذِّياتِ يَسْتَغْرِقُ وَقتًا طويلًا لإعادةِ تدويرِه في النِّظامِ البِيئيّ.

الصَّحراءُ في النهار

درجاتُ الحَرارة، نَهارًا، في الصَّحاري الحارَّة، قد تَزيدُ على ٥٠°س؛ وقد تَبلُغ درجةُ حرارةِ الرَّمْلِ السطحيّ فيها ٩٠°س. لِذا تَلْجأُ مُعظمُ الحيواناتِ إلى جُحورها أو تَسْتَظِلُّ تحتَ الصُّخور حيثُ الهواءُ أبردُ وأرطبُ. والمَسامُ في مُعظم نباتاتِ الصَّحاري تَظَلُّ مُقْفَلَةً خِلال النَّهارِ لِلحَدِّ من فَقدِ الماء؛ وبعضُ هذه النباتاتِ ذو أوراقٍ شَعريَّةٍ تَعكِسُ ضوءَ الشَّمسِ القويّ.

عَظاءةُ الشُّكْوَلا (شوروماوُس أوبِسُس) تتشمَّسُ صَباحًا حتى تَدْفأ وتنشطَ فتنطلِقُ بَحْثًا عن ازهارٍ او ثِمارٍ او بُزورٍ تاكُلُها.

الجِرذانُ القَنْغَريَّةُ (ديبُودُوميس بِرْدِنْي) تحصُلُ على كِفايتها من الماء من البُزورِ التي تاكُلُها. وهي تحمِلُ البزُورَ إلى جُحورها في جُيوبِها الخَدِّيّة.

بِفَضْلِ رِجْلَيه الخلفيَّتَيْنِ القويَّتَيْن يستطيعُ الأرنبُ الأمريكيُّ الأسودُ الذَّيلِ (لِيبُس كاليفورنيكُس) القَفْزَ مُبْتَعِدًا عن الخَطَرِ بِسُرعاتٍ قد تَبْلُغُ ٥٦كم/سا.

أُذُنا ثَعلبِ الفَنَك (فُلْبِس زِرْدا) الكبيرتانِ تُساعِدانِه في سَماعِ صوتِ أخفتِ حركةٍ لِفريسةٍ في الجِوار. كما تعملُ الأُذُنانِ على تبريدِ الثعلبِ بابتِعاثِهما الحرارةَ كمُشِعَّيْن.

الثعلبُ القَميء (فُلْبِس مَكْرُوتِس) يَخْرُجُ لِلصيدِ لَيْلًا؛ وهو سريعُ العَدْوِ يَقْنِصُ الحيواناتِ الصغيرةَ قبل أن تَنْجَحِرَ في جُحورِها.

التَطوُّرُ المُتقارِب

الحيواناتُ التي تَعيشُ في مَواطِنَ بيئيَّةٍ مُتماثِلَةٍ في أنحاءٍ مُختَلِفةٍ من العالَم غالِبًا ما تكونُ مُتشابِهَةً - كما هي الحالُ في الثعلبِ القَميءِ بأمريكا الشَّماليَّةِ وثَعْلَبِ الفَنَك في إفريقية. ذلكَ لأنَّ كِلا النَّوعَين تكَيَّفَ لِلعَيْشِ في نِظامٍ بيئيّ من النَّمطِ نَفْسِه - حيثُ الظروفُ البيئيَّةُ مُتماثِلَةٌ؛ فلا غَرابةَ أن يكونَ التطوُّرُ مُتقارِبًا.

التَّمَعُّج المُجانِب

العديدُ من أفاعي الصَّحاري الرَّمليّةِ كهٰذه الأفعى الجانبيّةِ التمَعُّج (بايْتِس بِرِنْجِري)، تتنَقَّلُ بِقَذْفِ نَفْسِها فوقَ الرَّملِ في تَمَعُّجاتٍ قوسيَّةٍ مُجانِبَةٍ (على شكل «S») لا أمامِيَّة. ومَزِيَّةُ هذا النَّمطِ من الانتِقال هي أنَّ جُزأين فقط من جِسْمِ الأفعى يُلامِسانِ سَطحَ الرَّملِ الحارِّ كُلَّ مَرَّة؛ كما إنَّ نَمَطَ التنقُّلِ هذا يَجْعلُ من غيرِ المُحتَمَلِ أن تغوصَ الأفعى في الرَّملِ الرِّخْو.



صَهاريجُ التخزين

تُجابِهُ النباتاتُ والحيواناتُ الصَّحراويَّةُ ضَرورةَ التكيُّفِ لِلعَيْشِ عَبْرَ فَتَراتِ جَفافٍ طويلةٍ. فبعضُ الحيواناتِ يَخْتَزِنُ الدُّهْنَ في أنسِجةِ جَسَدِه - وهذا الدُّهْنُ يُمكِنُ تفكيكُه لِتوفيرِ الطاقةِ والماءِ عند الحاجة.

الجَمَلُ العربيُّ الأُحاديُّ السَّنام (كَمِلوس درومِدارْيوس) يُمكِنُه الصُّمودُ اسابيعَ دونَ ماء، وهو قد يَشْرَبُ قُرابَةَ ١١٤ لِترًا من الماء في شَفْقَةٍ واحِدة.

يَفقِدُ النباتُ مُعظمَ مائه عَبْرَ الاوراق؛ لِذا فإنَّ أنواعَ الصَّبّار؛ كالمَمِيلّاريا إيلونجاتا، لا تحمِلُ أوراقًا، بَلْ أشواكًا تَحْميها من أنْ تُؤكَل. ويَخْتَزِنُ الصَّبّارُ الماءَ في جُذوعِه الغَليظة.

يَخْتَزِنُ مِسْخُ هيلا (هِلُوديرما سَسْبِكْتُم) الدُّهْنَ في ذَيْلِه الغَليظ، لِيَسْتَعينَ به على تجاوُزِ الفَتَراتِ العَصيبة.



الصَّحراءُ في الليل

تَهْبُطُ دَرَجةُ الحرارة في الصَّحراء لَيْلًا ويَغْدو الهواءُ أكثرَ رُطوبةً - فيَخْرُجُ الكثيرُ من الحيواناتِ لِلصيد، وتَدِبُّ الحياةُ في الصَّحراء وتَنْشَطُ. لكِنَّ الطَّعامَ شَحيحٌ، والكثيرُ من الباحثاتِ عَنْه، كالعَناكِبِ والعَقارِب، سامَّةٌ جِدًّا؛ وإذا التقَتْ بِفَريسَةٍ مُناسِبة، فإنَّها تَسْطو عليها بالسُّرعةِ المُمكِنةِ ولا تَتْرُكُ لها فُرصَةً لِلإفلات.

المُعدلاتُ الشهريَّةُ لِدرجاتِ الحرارة وكميَّةِ المَطَر في أسوان، بمصر

المُناخ

تَقَعُ الصَّحاري الكُبْرى على مَقْرُبَةٍ من خَطِّ الاستِواء، وهي حارَّةٌ جافَّةٌ على مَدارِ السَّنة - لأنَّ الرِّياحَ التي تَهُبُّ عَبْرَها لا تحوي إلّا القليلَ جدًّا من الرُّطوبة. أمّا صحاري المَناطق البارِدة في العالَم، كصحراء جُوبي في آسيا الوُسطى، فهي حارَّةٌ صَيْفًا وبارِدةٌ شِتاءً. كذلك تتواجَدُ الصحاري في مُستَنْقَراتِ الجبالِ العاليةِ، كصَحراء أتَكامَا في أمريكا الجنوبيَّة.

البومةُ القزمةُ (ميكراثين هُويتْني)، أصغرُ البوم في العالَم، تَخْتَبِئُ نهارًا في تجاويفَ يُحْدِثُها نقّارُ الخشب في جذوعِ الصَّبّار.

صَعْو، أو دُغَوَيْقَةُ الصَّبّار (كَمْبيلورنْكس بْرانيكَبيلس) تَبْني عُشَّها في نَبتات الصَّبّار - حَيْثُ تكونُ فِراخُها في مَأمَنٍ من الأعداء بِفَضْلِ أشواكِها الحادَّة.

الصَّبّارُ الصُّغواري (سِرْيُس جيجَنْتيُوس) ذو لِحاءٍ مَطّاطيٍّ غليظ. وهو يتشرَّبُ الماءَ عَبْرَ شبكةٍ واسعةِ الانتشارِ من الجُذورِ الضَّحْلة.

الظَّربانُ الأبقَعُ (سبيلُوجيل بوتوريوس) يَنْشَطُ ليلًا، في الغالب، في طَلَبِ الحيواناتِ الصغيرةِ والبُيوض والحشَراتِ والثِّمار.

الجَنْباتُ الكريوزوتيَّة (لارْيا ترايدِنْتاتا) تَشغَلُ فُسَحاتٍ مُتساويةَ التباعُدِ تقريبًا لأنَّ جُذورَ الواحدةِ منها تمتصُّ كُلَّ ما في التُّربةِ حولَها من مُغَذّياتٍ وماء.

وَرَلُ الصَّحراء يقضي الليلَ مُلْتَجِأً تحتَ صخرةٍ، لكِنَّه يَنْشَطُ في النَّهار.

تَستَخْدِمُ العقاربُ حُماتٍ سامَّةً في أطرافِ أذيالِها لِلدِّفاعِ عن النفسِ أو لِقَتْلِ الفرائس. هذا عَقْرَبُ اريزونا (سِنْترورُويْدِس سكْلِبْتُرانْس)

يَنامُ الجُرذُ القَنْغَريُّ في جُحْرِه طَوالَ النهارِ بعيدًا عن حَرِّ الشَّمس. وهو، في الليل، يَقْطَعُ مسافاتٍ طويلةً بَحْثًا عن الطَّعام.

رُتَيْلاءُ الصَّحاري (أفونوبِلما كَلْكوبس) عنكبوتٌ سامَّةٌ تَبْقى في جُحْرِها نهارًا.

عَلاجيمُ الغَرْبِ المِجرافيَّةُ الأقدامِ (سكفيويس هَمُّنْدي) تَنْشَطُ ليلًا فقط. وهي تَستَخْدِمُ «رَفوشًا» صُلْبةً في أقدامِها الخَلْفيَّةِ لِحَفْرِ الجُحور.

التَّصَحُّر (امتِدادُ الصَّحاري)

امتِدادُ الصَّحاري خَطَرٌ يُهَدِّدُ كوكَبَنا المُتزايدَ السُّكان؛ وسُكّانُ التُّخومِ المُجاورةِ لِلصَّحاري مَسؤولونَ جُزئيًّا عن ذلك. فالرَّعيُ المُفرِطُ، وقَطْعُ الشَّجرِ لأخشابِ البِناء، يُحيلانِ الأرضَ إلى صحاري ويُسْهِمانِ في عمليّاتِ التَّصَحُّر. وتتعقَّدُ هذه المُشكلةُ بِخاصَّةٍ في المناطقِ التي انْحَبَسَ عَنْها المَطَرُ عِدَّةَ سِنين.

الواحات

في بِضْعَةِ أماكِنَ من الصَّحراء يتسرَّبُ الماءُ عَبْرَ الأرض فيُكَوِّنُ مِنْطَقةً رَطْبةً، حيث يمكِنُ نُمُوُّ النباتات، تُدعى واحةً. فالواحاتُ مراكِزُ حيويَّةٌ لِلحَيواناتِ والقوافِلِ التي تَعْبُرُ الصَّحراء. ومَصْدَرُ مياهِ الواحة هو الصخورُ المُشْبَعةُ بالمياه على مَقْرُبةٍ من سَطْحِ الأرض. وهذه المياهُ قد تكونُ تساقَطَتْ مَطَرًا على بُعْدِ عِدَّةِ كيلومترات، ثُمَّ تسرَّبَتْ إلى الواحة عَبْرَ الصُّخورِ تحتَ الصحراء. لكِنَّ الواحاتِ قد لا تدومُ طويلًا؛ فقد تَجِفُّ مياهُها أو تَطْمُرُها كُثْبانُ الرِّمال. وعلى النّاسِ والحيوانات، حينئذٍ، الانتِقالُ إلى مكانٍ آخَر.

واحةٌ في أُستراليا

لِمَزيد من المعلومات انْظُر

انتِقالُ الحرارة ص ١٤٢
المُناخ ص ٢٤٤
التَّطوُّر (النُّشوء بالتحوُّل العُضوي) ص ٣٠٨
نِظامُ النَّقْل في النَّبات ص ٣٤١
الحَرَكة ص ٣٥٦

السُّهوبُ المَرْجيَّة الطبيعيَّة

المَناطِقُ الفقيرةُ التُّربةِ والشديدةُ جفافِ المُناخ يقتَصِرُ النماءُ النَّباتيُّ فيها على الأعشابِ وبعضِ الجَنَباتِ والشجَر، وتُدعى سُهوبًا مُعشِبة. وتؤلِّفُ الأعشابُ بداياتِ الكثيرِ من السَّلاسِلِ الغذائيَّة؛ وهي، بخِلاف الشجَر، تحتمِلُ قَضْمَ العاشِباتِ لأنَّها تَنْمو منَ القاعدةِ لا مِنَ الأطراف. وكُلَّما قُضِمَتْ يتشعَّبُ نَماؤها ويتزايَد. كذٰلك فإنَّ الأعشابَ سُرْعانَ ما تستَعيدُ حيَويَّتَها وانتِشارَها بعدَ الحرائقِ الكثيرةِ الحُدوثِ في هذا النِّظامِ البيئيِّ. وتُضْطَرُّ حيواناتُ السُّهوبِ في مَواسِمِ الجَفاف أوِ البَرْدِ إلى الارتِحال مَسافاتٍ طويلةً في طَلَبِ كِفايتِها منَ الماءِ والطَّعامِ لِلعَيْش.

استِبْس (السُّهوبُ الروسيَّة)

بْريري (مُروجُ أمريكا الشَّماليَّة)

هارار (سولزْبري سابقًا)

بَمْباس (سُهولُ أمريكا الجَنوبيَّة)

سَفانا (سُهوبٌ مَداريَّة)

توزُّعُ السُّهوبِ المَرْجيَّةِ الرئيسيَّةِ في العالَم

طَعامٌ لِلجميع

السُّهوبُ العُشْبيَّةُ في المناطِقِ المَداريَّةِ بِشَرْقِ إفريقية تُدعى السَّفانا. وفيها يعيشُ أكثرُ من ٤٠ نوعًا من الرَّاعِياتِ اللَّبونَةِ تتقاسَمُ الغِذاء. ويتوافَرُ عادةً ما يَكْفي من الرَّعيِ لِتِلْكَ الحيوانات - إذ إنَّ مُختلِفَ الأنواعِ تَغْتَذي بِمُختلِفِ أجزاءِ الأعشابِ والجَنَباتِ والشَّجَر. فحُمُرُ الزَّرَد، مثلًا، تأكُلُ رؤوسَ السُّوقِ العُشْبيَّة وثَياتِلُ النُّو تأكُلُ أواسِطَها وغِزلانُ طومْسُون تأكُلُ أسافِلَها. وتُرَكِّزُ ظِباءُ الدُّقْدِقِ الصغيرةُ على الجُنَيْباتِ الخفيضة؛ في حين تَغْتَذي الزَّرافى بأوراقِ وعَساليجِ الشَّجَرِ العالية.

الزَّرافُ (جيرافًا كاملوپارداليس) تَغْتَذي بأوراقِ الشجَرِ حتى عُلُوِّ ٦ أمتارٍ عن سطحِ الأرض.

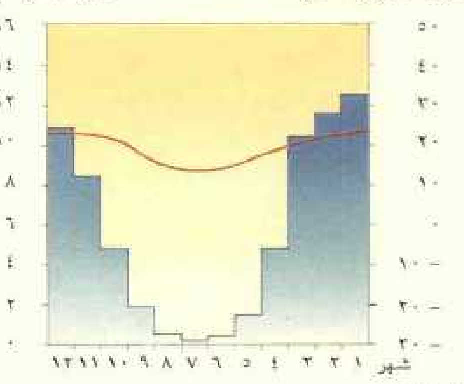
ثَياتِلُ النُّو تأكُلُ أواسطَ العُشْبِ المُورِقة، وهي تعتمِدُ في حوالى ٩٥ بالمئة من غذائها على الأعشاب.

تَغْتَذي غِزلانُ طومْسُون (جازِلًا طومْسوني) بِفُروعِ العُشْبِ الطريَّةِ والبُزورِ الغنيَّةِ بالبْروتين على مُستوى سطحِ الأرض.

ظِباءُ الدُّقْدِقِ الصَّغيرةُ تَقْضِمُ أوراقَ الجُنَيْباتِ الطريَّة، بخاصَّةٍ فروعَ السَّنْطِ الطريَّة.

حُمُرُ الزَّرَدِ تَغْتَذي برؤوسِ الأعشابِ القاسيةِ الخَشِنة، وتَنْبِشُ التُّربةَ في طَلَبِ الجُذور.

المُعدَّلُ الشهريُّ لدرجاتِ الحرارة وكميَّةِ المَطَرِ في هارار، زِمْبابوي (روديسيا سابقًا)



المُناخ

السُّهوبُ المَداريَّةُ دافئةٌ على مَدارِ السَّنَة، لكنَّ فَصْلَ الصَّيفِ جافٌّ طويل. أمَّا سُهوبُ المناطِقِ المُعْتَدِلَةِ فشِتاؤُها باردٌ جدًّا مع نُوباتِ صَقيعٍ قاسية، وصَيْفُها حارٌّ جافّ. ويُبيِّنُ المُخطَّطُ أعلاه مُناخَ مدينةٍ في السُّهوبِ المَداريَّة.

الضَّواري

أعدادٌ كبيرةٌ من العاشِباتِ في السَّفانا الإفريقيَّة تقَعُ فرائسَ لأصنافٍ مُختلِفةٍ من الضَّواري. ويَنْزِعُ كُلُّ ضارٍ إلى فرائسِه المُفضَّلة تَبَعًا لأسلوبِه في الصَّيد. فالفُهودُ تستطيعُ مُطارَدةَ الغِزلانِ بِسُرعاتٍ تَبلُغُ ١٠٠كم/سا لِفَتراتٍ قصيرة. والأُسودُ لا تَبلُغُ هٰذه السُّرعة، لِذا فإنَّها تُحاوِلُ الاقترابَ منَ الفريسةِ ما أمكَنَ؛ وهيَ قويةٌ وتصطادُ جَماعاتٍ، فيُمكِنُها قَنْصُ حيواناتٍ كبارٍ كثَيتَلِ النُّو. والضِّباعُ أيضًا تصطادُ جَماعاتٍ، لكنَّ أكثرَ ما تقنُصُه لا يتجاوزُ عادةً حِمارَ الزَّرَد.

غَزالُ طومْسُون (جازِلًا طومْسوني) ← فَهْد (أسينونيكس جُوباتوس)

ثَيْتَلُ النُّو (كونُوكيتيس تورينوس) ← أسَد (پانْثِرا لِيو)

حِمارُ الزَّرَد (إكْوُس بورشيلي) ← ضَبُع (من نوع هايينا)

السُهوبُ المُعْشِبةُ الآسيويّة

تمتدُّ السُهوبُ المُعْشِبةُ (السْتيبس) عَبْرَ أواسِطِ آسيا - من أورُوبّا إلى الصين. وفي الماضي كانت تَجوبُ هذه السُّهوبَ قُطْعانٌ كبيرةٌ من الحيوانات الرّاعية، كالبيزون (بيزون بوناسُس) وظَبْيِ السَّيْغا (سَيْغا تَرْتاريكا)، تَقضِمُ أعشابَها فتُنشِّطُ نماءَها المُتجدِّد، وتَدوسُ بُزورَها فتَغرِزُها في الأرضِ لِتَنبُتَ وتنْمُو؛ كما تُخصِبُ تُربتَها بِرَوْثِها وفَضَلاتِها. لكنَّ الصَّيدَ والمَزارعَ والاستِزْراعَ قَضَتْ على مُعظمِ هذه الحيَوانات. وجَديرٌ بالذِّكرِ أنَّ ظِباءَ السَّيْغا آخِذةٌ في التّكاثُرِ بفَضْلِ تَدابيرِ الحِمايةِ المُطلَقةِ حاليًا.

أعشاشُ الأَرَضِ (النَّمل الأبيض)، في مُعظمِها، تحوي أنفاقًا وحُجَيْراتٍ وأحيانًا وسائلَ لِتكْييفِ الهواء.

فُطْر

الأَرَضُ (النَّملُ الأبيض)

الأَرَضُ من عَوامِلِ الانحِلالِ الأساسيّةِ في السُّهوبِ العُشْبيّة. فهي تأكُلُ الموادَّ المَيْتةَ أو تنقُلُها إلى داخِلِ أعشاشِها البُرجيّةِ الطينيّةِ لاستِخدامِها دِمْنًا (خليطَ تَسميد) لِلفُطْرِ التي تُنمّيها لِتَغْتذيَ بها. وقد يَعلو العُشُّ البُرجيُّ لبعضِ أنواعِ الأَرَضِ ٢,٥م ويَستوطنُه قُرابةَ ٢٠ مليون أَرَضة.



تقبَعُ الكابياءات (كافيا أبيريا) تحتَ صُخورٍ أو في جُحورٍ حفَرَتْها حيواناتٌ أُخرى. وهي قَوارِضُ بَرِّيّةٌ من نوعِ خِنْزيرِ الهِند.

المارا، أرنبُ بِتاغُونيا (دُوليكوتِس بتاجونا) تعيشُ جماعاتٍ قد يبلغُ عددُها ٤٠ في الجُحْر الواحد. وهي تستطيعُ الهَرَبَ من الخطَرِ بقفزاتٍ سريعةٍ، تُقارِبُ واحدتُها المِتْرَين، بفَضْلِ رِجْليْها الخلفيّتيْن الطويلتيْن.

تحفِرُ القِسكاشاتُ (لاجوستومس مكسيمس) شُبكاتٍ ضخمةً من الأنفاقِ بأرجُلِها الأماميّةِ القويّة. وتستطيعُ غَلْقَ المِنْخَرين أثناءَ الحَفْرِ لِمَنْعِ التُرابِ من الدُّخولِ فيهما. وهي تَسْرَحُ ليلًا فتأكُلُ الأعشابَ والنباتاتِ الأُخرى.

مُنْجحراتُ البَمْباس في أمريكا الجنوبيّة

المُنْجحِرات

في سُهوبِ (البَمْباس) بأمريكا الجَنوبية، تعيشُ أعدادٌ ضخمةٌ من اللَّبوناتِ الصغيرة تحتَ الأرضِ في مأمَنٍ من خَطرِ الحرائقِ والضَّواري. وهذه المُنْجحِراتُ تُسْهِمُ في مَزْجِ طبَقاتِ التُّربةِ فلا تَتراكَمُ المعادِنُ على السَّطح، مِمّا يُغني التُّربةَ بالمُغَذِّياتِ ويُعزِّزُ نُموَّ الأعشابِ والنباتاتِ الأُخرى. وفي سُهوبِ البريري بأمريكا الشّماليّة، تعيشُ السناجيبُ الأرضيّةُ (من نوعِ سايْنوميس) المعروفةُ بكلابِ المُروجِ في جماعاتٍ ضخمةٍ ضِمْنَ مُستوطنةٍ كامِلةٍ مُتّصلةٍ شَبكةِ الجُحور. وهي تَحُشُّ بالرَّعي الخفيضِ، كامِلَ المنطقةِ حولَ الجُحورِ لِتَتّقيَ تَحرُّكاتِ الأعداءِ نَحوَها مَكشوفةً لِلرؤية.

جورج وَجُوي أَدَمْسون

عَمِلَ قَيِّمُ الصَّيْدِ البريطانيُّ جورج أدَمْسون (١٩٠٦-١٩٨٩)، وزوجتُه جُوي (١٩١٠-١٩٨٠) على حِمايةِ الحياةِ البَرِّيّةِ والعنايةِ بها في كينيا، بإفريقية. وكانت الزوجةُ تهتمُّ بالأُسودِ بصورةٍ خاصّة. وقد اشتُهِرَتْ بتربيةِ اللَّبُوةِ إلْسا كجَرْوَةٍ ثُمَّ إعادتِها إلى الحياةِ البرّيّة. وقد أُخرِجَتْ قِصّةُ إلْسا فيلمًا سينمائيًّا عام ١٩٦٠ بعُنوان «وُلِدَتْ حُرّة». ولِلأسَف، قُتِلَ جورج وجُوي أدَمْسون غِيلةً في كينيا.

الضَّبُعُ تأكُلُ حِمارَ الزَّرَد.

مَصيرُ الضَّبعِ إلى الموتِ في النهاية.

حِمارُ الزَّرَد يأكُلُ العُشْبَ الذي يحوي مُغذِّياتٍ من التُّربة.

تتحلَّلُ المادّةُ المَيْتةُ وتَختلِطُ بالتُّربة.

تتفكَّكُ الفَضَلاتُ إلى مُغذِّياتٍ بفِعْلِ المُتعضّياتِ الحالّةِ كالخَنافِس.

دَورةُ المُغَذِّيات

يَغْتَذي الكثيرُ من الحيواناتِ والبكتيريا والفُطْر، في السُّهوبِ العُشْبيّة، بالنباتاتِ أو الحيواناتِ المَيْتةِ أو بِرَوْثِ الحيوانات. فيُصبحُ بعضُ هذه المُغذِّياتِ جُزءًا من أجسامِ الحالّاتِ ويَصيرُ بَعْضُها في آخِرِ الأمرِ إلى إخصابِ التُّربة. وهكذا فإنّه لا يَضيعُ شيءٌ، بَلْ تدورُ المُغذِّياتُ في حَلْقةٍ مُتواصِلة.

أخطارٌ تُهدِّدُ السُّهوبَ العُشبيّة

خَفَّضَ الصَّيدُ عددَ الحيواناتِ الرّاعيةِ ومُفْتَرِساتِها، في السُّهوبِ العُشْبيّة، إلى حَدٍّ بعيد. حتى في مَناطِقِ الحَظْرِ لا يزالُ النّاسُ يَصطادون خُلْسةً بدُونِ تَرخيص. ونتيجةً لذلك فقَدْ قُتِلَ خِلالَ الثلاثينَ سنةً الماضيةِ ما لا يَقِلُّ عن ٨٥ بالمئة من الكَرْكَدَّنات في العالَم. ويَقومُ حَرَسُ الصيدِ في كينيا وسِواها، بتعقُّبِ الصيّادين المُخالِفين، ويُنقِذون أحيانًا حيواناتٍ اصطِيدَتْ بصورةٍ غيرِ قانونيّة.

لمزيدٍ من المعلوماتِ انْظُر

المُناخ ص ٢٤٤
التغذِية ص ٣٤٢
الهَضْم ص ٣٤٥
السَّلاسِلُ والشَّبَكاتُ الغِذائيّة ص ٣٧٧
الهِجرةُ والإسْبات ص ٣٨١

الغاباتُ المَطيرةُ الاستِوائيَّة

الأنظِمةُ البِيئيَّةُ في الغاباتِ المَطيرة المَداريَّة تَضُمُّ أكثَرَ من نِصْفِ أنواعِ الحيواناتِ والنباتاتِ في العالَم، رُغم أنَّ ما تُغَطِّيهِ هذه الأنظِمَةُ يَقِلُّ عن ١٠٪ من مِساحةِ اليابِسَة. تَنْمو هذه الغاباتُ في المناطقِ القريبةِ من خَطِّ الإستِواءِ في أمريكا الجنوبيَّةِ وإفريقية وآسيا وأُستراليا. وهي تَزْخَرُ بالحياةِ لِتوافُرِ الظروفِ الملائمةِ لازدهارِ الكائناتِ الحيَّة - من رُطوبةٍ ودِفْءٍ وضَوءِ شَمسٍ ساطعٍ من فَوقِها. أشجارُ هذه الحِراجِ تَنمو بِسُرعةٍ، وتَبْلُغُ ارتفاعاتٍ عاليةً في تنافُسِها لِلحصولِ على أكبرِ كمِّيَّةٍ مُمكِنةٍ من نُورِ الشَّمْس.



الغاباتُ المَطيرةُ المَداريَّةُ الرَّئيسيَّةُ في العالَم

المُعَدَّلُ الشَّهري لِدَرجاتِ الحرارة وكمِّيَّةِ المطَر في مَناوُس، بالبرازيل

العُقابُ الخَطَّافةُ (هارپْيا هارپيجا)، أكبَرُ الكواسِرِ في العالَم، تُحَلِّقُ فوقَ ظُلَّةِ الشجرِ المُتَشابِكةِ بَحْثًا عن السَّعادينِ والدابّاتِ الكَسالى.

يَغْتَذي الطُّوقانُ بالثِّمار والوَرَق والبُزور.

السَّعادينُ العَنكبيَّةُ (من نوعِ ايتلِس) تَسْتَخدِمُ أذيالَها في قَبْضِ الأغصان.

أصَلَةُ الشَّجرِ الخَضراء (كُورَلُّس كانينُس)

ضَفادِعُ الشَّجرِ عامَّةُ الإنتِشار، إذ تَستَطيعُ وضعَ بيوضِها في بُرَيكاتِ الماءِ المُتجمِّعِ في الشَّجر.

في الطبقة التَّحْتيَّة، تَتَحَوّى النباتاتُ المُعَرَّشَةُ والمُتَسلِّقةُ حَوْلَ الشَّجرِ والجَنْبات.

قِرَّةُ الجَغْوَرِ المُرَقَّطةُ (بانْتِرا أُونكا) تُمَوِّهُهُ أثناءَ تَصَيُّدِه فرائسَهُ كالأجُوتيّاتِ والبَقاري الخِنْزيريَّة.

تَستَطيعُ الفُطْرِيّاتُ العيشَ على أرضيَّةِ الغابة لأنَّها لا تحتاجُ الضوءَ لِتَخليقِ غِذائها.

الدابَّاتُ الكَسالى (برابيپُوس ترايدَكتيلُس) تأكُلُ وتَتَنقَّلُ وتَنامُ مُعلَّقةً، رأسًا على عَقِب، بأغصانِ الشَّجرِ مُستخدِمةً مَخالِبَها الطويلةَ الخُطّافيَّة.

البَقاري الخِنْزيريَّةُ (من نوعِ تَياسُو) تَغْتَذي بالنَّبَتاتِ على حافَّةِ الغابة.

تَذْرَعُ حُشودُ النَّمْلِ الفَيْلَقيَّة الغابةَ في طوابيرَ من حوالَى ٢٠٠,٠٠٠ نملة، بَحْثًا عن الطعامِ لِيرَقاناتِها.

الأجُوتي (من نوعِ داسي پْرُكْتا)

المُناخ

الغاباتُ المَطيرةُ دافئةٌ على مَدارِ السَّنة، وتَتَراوحُ درجاتُ الحرارة فيها بين حوالى ٢٠ و٢٨°س. ومُناخُها هو الأكثَرُ رُطوبةً بين مُختلِفِ الأنظِمةِ البيئيَّة، إذ تَهْطِلُ فيها الأمطارُ كُلَّ يومٍ تقريبًا؛ ويبلُغُ مُعَدَّلُ المَطرِ السَّنَوي فيها ٤ أمتار.

رِعايةُ الغابات

تَقُومُ هذه العائلةُ في الغاباتِ المَطيرة البرازيليَّة بِصُنْعِ السِّلالِ من موادَّ طبيعيَّة. لقد عاشَ سُكّانُ الغاباتِ آلافَ السِّنينَ في وِئامٍ مع البيئة، يَزرعونَ مَزيجًا من الزُّروعِ في مِساحاتٍ صغيرةٍ يُبَدِّلونَها بعدَ بِضْعِ سَنَواتٍ تاركينَ التُّربةَ لِترتاحَ وتستعيدَ خُصوبتَها. وبذلك يَحصلونَ على الفائدةِ القُصوى من المُغَذِّيات.

الطَّبَقاتُ الأحيائيَّة

الأحياءُ البَرِّيَّةُ في الغاباتِ المَطيرة الأمازونيَّة تعيشُ على مُستَويات مُتَبايِنَة. فمُعظمها يَعيشُ على مَقرُبَةٍ من ذُرَى الشَّجَر - في الظُّلَّة، حيثُ تتوافَرُ كمِّيّاتُ ضَوءِ الشَّمسِ والدِّفْءِ والطَّعام. ويتضاءلُ تَنوُّعُ الحياةِ البَرِّيَّةِ في الطبقاتِ الأدنى الأعتَمِ والأبْرَدِ، تحتَ الظُّلَّة. أمّا الحيواناتُ الكُبرى فتَعيشُ على أرضِ الغابة.

نِظامٌ بيئيٌّ صغير

البروملْياديّاتُ نباتاتٌ تعيشُ على أغْصانِ الشَّجر؛ ويَتجمَّعُ الماءُ فيها بُرَيكاتٍ تؤلِّفُ نِظامًا بيئيًّا صغيرًا يُوَفِّرُ فيه الوَرَقُ المُتَعَفِّنُ وذَرْقُ الحيواناتِ غِذاءً لِلبكتيريا والحَشَراتِ التي تَغدو بدَوْرِها غِذاءً للحيواناتِ الصغيرة.

التَنَقُّلُ في الغابة

حَيواناتُ الغاباتِ المَطيرةِ مُهايأةٌ بِمِيزاتٍ خاصَّةٍ تُعينُها على التنقُّلِ بين الشَّجر. فالطيورُ ذاتُ أجنحةٍ عَريضةٍ قصيرةٍ تُمَكِّنُها من الانعطافِ والدَّورانِ بين الأغصان. وبعضُ الحيواناتِ مُجَهَّزةٌ بِسِدْلاتٍ جلديَّةٍ تَنْبَسِطُ كالأجنحة فتُمَكِّنُها من الانزلاقِ شِراعيًا من غُصنٍ لآخر. وتَسْتَخْدِمُ السَّعادينُ أيديَها وأقدامَها لِلتسلُّق، وبعضُها يَقبِضُ الأغصانَ أيضًا بذَيلِه المُهايأ لِلقَبضِ كأنَّهُ يَدٌ إضافيَّة.

طائرُ الفِرْدَوس

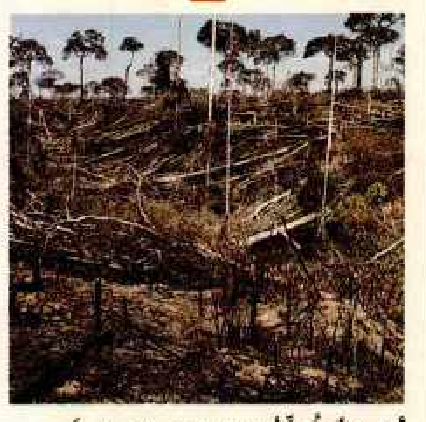
يعيشُ طائرُ الفِردَوس الرَّاجياني (بَرادِيْزِيا راجيانا) في الغابات المَطيرة في بابُوا (غينيا الجديدة). وهو ذو جَناحَيْن قصيرَيْن لِلطيرانِ بين الشَّجر، وقدمَيْن قويَّتَين لِقَبْضِ الأغصانِ. وباستطاعةِ الذَّكَر، كالمُبيَّنِ هنا، التعلُّقُ من غُصنٍ، مُنْقَلِبًا رأسًا على عَقِب، لاجتذابِ وُدّ الإناثِ بِريشِه الزَّاهي الألوان.

السَّعْلاة (الأورانْغوتان)

يَتَطَوَّحُ السَّعْلاةُ (بُونْغو بيجمايوس) بسُرعة كبيرةٍ بين الشَّجر بفَضْلِ ذراعَيْه الطويلتَين وأصابعِه القويَّة. وهو يعيشُ في الغاباتِ المَطيرةِ في بُورْنيُو وسُومَطْرا؛ ولَفْظَةُ «أورانغوتان» كلمةٌ مالِيزيَّة تعني «إنسان الغابات».

الوَزَغة الطَّيَّارة

تعيشُ الوَزَغةُ الطَّيَّارةُ (بْيكوزُون كُهلي) في الغابات المَطيرة الماليزيَّة. وبفَضْلِ الطَّيَّاتِ الجلديَّةِ على طُولِ جانبَي جِسمِها وذَيلِها وأرجُلِها يُمكِنُها الانزلاقُ شِراعيًّا من شجرةٍ إلى أخرى؛ كما أنَّ هذه الطَّيَّاتِ تُمَوِّهُها وهي جاثمةٌ على لِحاءِ الشَّجر. والوزَغةُ مُزوَّدةٌ بمَخالبَ حادَّةٍ وحُيودٍ حَرشَفيَّةٍ في أقدامِها تُساعِدُها على الالتِصاقِ بجُذوعِ الشَّجرِ الزَّلِقة.



أخطارٌ تُهَدِّدُ الغاباتِ المَطيرةَ

لَقد دُمِّرَ أكثَرُ من نِصْفِ الغاباتِ المَطيرة في العالَم مُنذ العام ١٩٤٥؛ وأدَّى ذلكَ إلى انقِراضِ مِئاتِ الأنواعِ من الحيواناتِ والنباتات. ويُقدِّرُ الخُبراءُ مُعَدَّلَ هذا التدميرِ حاليًّا بمِساحةِ مَلْعَبٍ لكُرةِ القدمِ كُلَّ ثانِيَة! والأخطارُ الرئيسيَّةُ الَّتي تُهَدِّدُ هذه الغاباتِ حاليًّا مَصْدَرُها قاطِعو الأشجارِ لِلخَشَب، ومُجتَثُّو الحراجِ للزِّراعة وإنشاءِ المَزارعِ أو لتَربيةِ المواشي أو لِلتَّنقيبِ عن النِّفطِ والمَعادِن.

الدَّوراتُ في الغاباتِ المَطيرة

الماءُ والأُكسجينُ والمعادنُ والمُغَذِّياتُ تَمُرُّ عَبْرَ الشَّجر. وبِسَبَبِ الدِّفْءِ والرُّطوبةِ، أساسًا، في الغاباتِ المَطيرةِ المَداريَّة، يُعادُ تدويرُ المُغَذِّياتِ من التُّربةِ بِسُرعةٍ إلى الظُّلَّةِ بواسطةِ الشَّجر. وهذا يعني أنَّ التُّربةَ تبقَى فقيرةً لا تَصلُحُ لِلزِّراعة.

يَتقطَّرُ المطرُ مُتساقطًا عَبْرَ الشَّجرِ فتتلقَّاهُ الأوراقُ والأغصانُ والجذور. وتفقِدُ الأشجارُ فائضَ الماءِ بالنَّتْحِ والتَّبخُّرِ من أوراقها.

يُؤخَذُ الأكسجينُ أثناءَ التنفُّس ويُلْفَظُ أثناءَ التخليقِ الضوئي. كما يُلْفَظُ ثاني أكسيد الكربون أثناء التنفُّس ويُؤخَذ أثناء التخليق الضوئي.

تَسقُطُ الأوراقُ والحيواناتُ المَيْتةُ إلى الأرض.

البكتيريا والفُطْرُ في التُّربة تُفكِّكُ الموادَّ المَيْتة، فيَمتَصُّ الشَّجرُ المُغذِّياتِ منها، عَبْرَ جُذوره، ويَستخدِمُها لِيَنْمُو.



رِئاتُ كوكَبِ الأرض

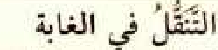
تُوصَفُ الغاباتُ المَطيرةُ أحيانًا بأنَّها رِئاتُ كوكبِ الأرض. فالمِساحاتُ الشاسِعةُ منها، كهذه الغابةِ في ماليزيا، تأخذُ من الهواء كمِّيَّاتٍ ضخمةً من ثاني أكسيد الكربون وتُعيدُ إليه كمِّيَّاتٍ كبيرةً من الأكسجين والماءِ أثناءَ التخليق الضوئي، مِمَّا يُؤثِّرُ في مُناخِ الأرضِ بكامِلِها.

دِراسةُ الغاباتِ المَطيرة

تعيشُ آلافٌ من الأنواعِ الحيوانيَّة والنباتيَّة في الغاباتِ المَطيرة ولا يَعْرِفُ العُلماءُ عَنها شيئًا. لكنَّ البِيئيِّينَ مُنكبُّون على دِراستِها حاليًّا، مُستخدِمينَ مُعِدَّاتِ التسلُّقِ الجبليَّة لِيَصِلوا إلى ذُرَى الظُّلَلِ فيها؛ كما يَقُومونَ بِشَقِّ مَمَرَّاتٍ دائمةٍ بين الشَّجر.

لمزيد من المعلومات انظر

المُناخ ص ٢٤٤
التَّخليقُ الضوئيّ ص ٣٤٠
نِظامُ النَّقْلِ في النَّبات ص ٣٤١
دوراتٌ في الغِلافِ الحيويّ ص ٣٧٢
اللَّوْنُ والتَّمويه ص ٣٨٠
الحياةُ البَرِّيَّة في خَطَر ص ٣٩٨



غاباتُ المِنْطقةِ المُعْتدلة

تَنْمو الصَّنَوبريَّاتُ والشَّجرُ العَريضُ الوَرقِ في غاباتِ المناطِقِ المُعْتَدلةِ الشَّماليَّة، كبعضِ أنحاءِ أوروبّا وأمريكا الشماليَّة، ذاتِ المُناخِ المُعتدلِ – حيثُ تتميَّزُ الفُصولُ بشِتاءٍ باردٍ وصَيفٍ حارٍّ غيرِ شَديدَي البَرْدِ والحَرِّ. ويَغْلِبُ نماءُ الحراجِ الصَّنَوبَريَّةِ شَمالًا، فيما تَنْتَشِرُ عَريضةُ الورقِ بعيدًا إلى الجنوب. وتُوفِّرُ هذه الغاباتُ طعامًا ومأوًى لأعدادٍ ضَخمةٍ من النَّباتات والحيَوانات. وهيَ عُمومًا غيرُ كثيفةِ التراصّ، كالغاباتِ المَطيرةِ، لذا تستَطيعُ النباتاتُ الصغيرةُ العَيْشَ فيها بما يَصِلُها من ضوءِ الشَّمْسِ دُونَما حاجةٍ لِتَسلُّقِ بَواسِقِ الشَّجرِ لِبُلوغه. وفي المناطقِ الأبردِ يَسْتغرقُ انحلالُ الموادِّ المَيْتَةِ سِنينَ عديدةً مِمَّا يجعَلُ دَوراتِ المُغَذِّيات فيها أبطأ.

مُتَصالِبُ المِنْقار (لُوكْسيا كيرفيروسترا) يتمكَّنُ من فتْحِ أكوازِ الصنوبر بمِنقاره لِبُلوغِ البُزور بداخلها.

المَنُّ الحامِضيُّ يُؤثِّرُ سَلْبًا على الصَّنوبريّات فتَسْقُطُ أوراقُها الإبريّة.

الغاباتُ الصَّنوبريَّة

يَغْلِبُ تواجُدُ الصَّنوبريّاتِ في المُناخِ البارد. والأشجارُ لا تستطيعُ سَفْطَ الماءِ من التُّربةِ المُتجمِّدةِ في الشتاء؛ لكنَّ أوراقَها الإبريَّة أقلُّ فقدًا للماءِ من الأوراقِ المُسطَّحةِ العَريضة. لذا تظلُّ الصَّنوبريّاتُ دائمةَ الخُضرةِ على مَدارِ السَّنة. كما إنَّ الشَّكلَ المخروطيَّ، للكثيرِ من الصَّنوبريّات، يجعَلُ الثَّلجَ يَزْلَقُ عن أغصانِها، ويُجنِّبُها خطرَ التقصُّفِ تحت ثِقَلِ الثلجِ المُتراكِم.

أخطارٌ تُهدِّدُ الغابات

لقد اجْتُثَّتْ غاباتٌ عديدةٌ في المِنطقةِ المُعتدلة لإنشاءِ المَزارعِ والبُيوت. وكثيرًا ما تُسْتَوْرَدُ الصَّنوبريّاتُ من بُلدانٍ مُختلفةٍ لِتَحُلَّ مَحلَّ الغاباتِ العَريضةِ الورقِ، لأنَّ الصَّنوبريّاتِ أسرَعُ نُمُوًّا وجُذوعَها المُستقيمةَ أيسَرُ للنَّشْرِ ألواحًا خشبيَّة. لكنَّ الأحياءَ البرّيَّةَ في الغالِبِ لا تستطيعُ العَيْشَ على الأشجارِ الجديدة.

مَزارعُ صَنوبريّاتٍ من جنس پائيسيا (الراتينجيّة) ولاريكْس (الأرزيّة) في سكُتلندا

عَفْصُ البلُّوطِ (السِّنديان) تُحْدِثُه زَنابيرُ العَفْص (أندريكُوس كولّاري) بوَضعِ بُيوضِها على بَراعمِ السِّنديان في الربيع. فتتطوَّرُ اليرقاناتُ داخِلَ العَفْصاتِ إلى زنابيرَ تأكُلُ طريقَها إلى خارجِ العَفْصِ في الخريف.

مَنظومةٌ بيئيَّةٌ سِنْديانيَّة

شَجرةُ السِّنْديان من عَريضاتِ الوَرق، تُؤلِّفُ مَنظومةً بيئيَّةً مُتكاملة. فهي تُخلِّقُ غِذاءَها بنَفْسِها، وتَغْدو أوراقُها وأزهارُها وثِمارُها ولِحاؤُها وخَشَبُها طَعامًا للحَشَراتِ والطُّيورِ واللَّبونات الصَّغيرة. وهٰذه الكائناتُ تَغْدو بدَورِها طعامًا للحيواناتِ الأكبر. وفي نِهايةِ المَطافِ تَموتُ الحيَواناتُ جميعُها وتَنْحلُّ موادُّها فتَعودُ إلى التُّربة؛ وتَمتَصُّها الشَّجرةُ مُجدَّدًا كمغذِّياتٍ وتستَخدِمُها في عمليَّةِ النُّمُوّ. وتتغيَّرُ المنظومةُ البيئيَّةُ مع الفُصولِ فتُنْبِتُ فُروعًا مُورِقةً في الربيع وتُسْقِطُ أوراقَها في الخَريف. أمّا في الشتاء، فتَهجَعُ الشَّجرةُ وتَسْبُتُ الحيَواناتُ أو تُقلِّلُ نَشاطَها أو تُهاجِرُ.

نَقّارُ الخشبِ الأرقطُ الكبير (دِنْدروكوپس ميجر) يُعَشِّشُ في تجاويفِ الشَّجرِ ناقرًا جُذوعَها البالية بحثًا عن حشراتٍ يأكلُها.

السِّنْجابُ الرَّماديُّ (سْيُورُس كارولِنِنْسِز) تَدفِنُ ثِمارَ البَلُّوط طعامًا للشتاء. وهي، بطبيعةِ الحال، تُضَيِّعُ بعضَها فتُنْبِتُ وتنمو أشجارًا جديدة.

تعيشُ الحَريشُ «أمُّ أربعٍ وأربعين» (ليثوبيُوس فُورفيكاتُس) في الأماكنِ الرَّطْبة، بينَ الوَرقِ مثلًا؛ وتصطادُ العناكبَ والديدانَ وحَميرَ القَبّانِ ليلًا.

يَعيشُ حِمارُ القَبّان (پُورْسِلْيو سْكابِر) في الأماكنِ المُظْلِمة الرَّطْبة تحت الورقِ والحِجارة واللِّحاءِ والجُذوع، ويَغْتذي بالوَرقِ المُتعفِّنِ واللِّحاءِ والفُطْر.

أوعيةُ الإثمار (حابِلةُ الزِّقاق) في الفُطرِ العَسَليّ (أرميلاريا مِلْيا) تَنْبُتُ على أرُوماتِ الشجرِ وعلى الأشجارِ المَيْتةِ في الخريف.

لمزيد من المعلومات انْظُر

المُناخ ص ٢٤٤
الصَّنوبريّات ص ٣١٧
النَّباتاتُ الزَّهريَّة ص ٣١٨
نِظامُ النَّقْلِ في النَّبات ص ٣٤١
دَوراتٌ في الغِلاف الحَيَويّ ص ٣٧٢
الهِجرةُ والإسْبات ص ٣٨١

الحواضِرُ والمُدُن



مع تَنامي سُكّانِ المَعْمُورةِ إلى ما يُقارِبُ السّتةَ مِلْياراتِ نَسَمَةٍ، تتزايَدُ المساحاتُ التي تَشْغَلُها الحواضِرُ والمُدُنُ لاستيعابِهم. وتُضْطَرُّ مُعظَمُ الأحياءِ البَرِّيَّةِ الأصليَّةِ في تِلكَ المناطِقِ إلى هَجْرِ مَواطِنِها. لكِنَّ بعضَ الحيواناتِ والنباتاتِ تَنْجَحُ في التَّعايُشِ مع الأوضاعِ الجديدة - مُستَفيدةً منْ مُناخِ المُدُنِ الأدفأ (عِدَّةَ درجاتٍ منْ جَوِّ الرِّيف) والأقلِّ تعرُّضًا لِعَصْفِ الرِّيح. كما تَغدو فَضَلاتُ البَشَرِ ونُفاياتُ مَطابِخِهِم مَصْدَرَ غِذاءٍ وَفيرًا لِلكثيرِ من الحيواناتِ الأصليَّة.

الخُفّاشُ الشّائع (پِبِيسْتْرِلُس پِبِيسْتْرِلُس) يَبيتُ في زوايا عِلّيةِ السَّقْف.

تُعَشِّشُ الخَطاطيفُ (دِلِيكون أوربيكا) تَحْتَ طُنُفِ السُّقوف.

اللَّبْلابُ (هِدِيرا هِلِكْس) يَتَسلَّقُ الجدرانَ مُتعلِّقًا بالحِجارةِ أو الطُّوب.

العناكِبُ تَنْسُجُ شِباكَها الشُّعيَّةَ لاقتِناصِ فرائسِها من الحشَرات.

الطَّعامُ المَتروكُ خارِجًا على موائدِ الطَّيرِ يُساعِدُ الطُّيورَ والسَّناجيبَ على العَيْشِ خِلالَ الشِّتاء.

الحياةُ في نِظامٍ بِيئيٍّ حَضَريٍّ

يُوَفِّرُ البَيتُ وحَديقَتُه في نِظامٍ بِيئيٍّ حَضَريٍّ، كالمُبَيَّنِ هنا، مَجالاتٍ حَيَويَّةً مُتَنَوِّعةً لِلنَباتاتِ والحيوانات. فالطيورُ، كالزرازير، تَبيتُ وتُعَشِّشُ في السُّقُفِ مع الخَفافيشِ والسَّناجيب. والكائناتُ الأصغَرُ، كالصَّراصير (بَناتِ وِردان) والنِّمالِ والخنافِسِ والعُثّ، تَجِدُ طعامًا ومأوًى لها خَلْفَ الجُدْرانِ وتَحْتَ الأرضيّاتِ وفي الخَزائن. وتعيشُ الفِئرانُ والجِرذانُ في مصارِفِ المياهِ والمجارير.

الثَّعلَبُ الأحْمَر

الثّعلبُ الأحمرُ الذكيُّ (فُلْپِس فُلْپِس) تَكيَّفَ جيِّدًا لِلعَيْشِ في المُدُن. فهو مُتنوِّعُ القوتِ يأكُلُ كُلَّ شيءٍ تقريبًا، وكثيرًا ما يغزو صناديقَ النُّفاياتِ بَحْثًا عن فَضَلاتِ طعامِ البَشَر.

قد يُجْعَلُ قِسْمٌ من الحديقةِ مَلاذًا طبيعيًّا لِلحياةِ البَرِّيَّة - تَنْمُو فيه أعشابٌ طويلةٌ وحشائش، وتتراكَمُ فيه كُوماتُ الدِّمَنِ والجُذوعُ المُتعطِّنةُ مِمّا يُوفِّرُ لِلكائناتِ البَرِّيَّةِ الغِذاءَ والمأوى.

تَتَّخِذُ النَّحْلُ كُوّارةً في تَجويفٍ جِداريٍّ أو في أُصيصِ أزهارٍ قديم.

تختبِئُ العلاجيمُ الشّائعةُ (بُوفو بُوفو) تحتَ الحِجارةِ نهارًا، وتخرُجُ لَيلًا لِتَصيُّدِ الدِّيدانِ والقَواقِعِ وحَشَرِ القَبّان.

الأُوپوسُومات

تختلِفُ أنواعُ الحيواناتِ التي تعيشُ في المُدُنِ باختِلافِ المواقِعِ الجغرافيَّةِ والظُّروفِ المُناخيَّة.

فالأوپوسومُ الفِرجونيُّ الذَّيلِ (تريكوسورُس فُلْپِكيولا) قد تكيَّفَ جيِّدًا لِعَيْشِ المُدُنِ في أستراليا. فهُو في الحياةِ البَرِّيَّةِ يأوي عادةً إلى الجُحورِ والكُهوفِ وتجاويفِ الشَّجَر، لكِنَّه في المُدُنِ تعلَّمَ أنْ يتَّخِذَ له وُكْنًا في سُقوفِ المباني. وتَعيشُ جالياتٌ من الأوپوسومات في الحدائقِ العامَّة، وهيَ تَدْجُنُ أحيانًا بحيثُ تغدو أليفةً تتناوَلُ الطعامَ من أيدي الناس.

لمزيدٍ من المعلوماتِ انْظُر

المُناخ ص ٢٤٤
البَشَرُ وكوكَبُهم ص ٣٧٤
الفَضَلاتُ وإعادةُ تَدويرِها ص ٣٧٦
العِشْرةُ والتّعايُش ص ٣٧٩
حَقائقُ ومَعلومات ص ٤٢٤

الحياةُ البَـرِّيَّةُ في خَطَر

مِئاتُ المَلايينِ من أنواعِ النَّباتاتِ والحَيَواناتِ التي ظَهرتْ مُنْذُ بَدْءِ الحياة على الأرض قد انقرضَتْ؛ والبعضُ مِنها قد اندثرَ نتيجةً لعمليّاتِ التطوُّر والعواملِ الطبيعيَّة. لكنَّ الإنسانَ، في الـ ٣٠٠ سنةِ الأخيرة، سرَّعَ عمليَّةَ الانقراضِ أكثرَ من ١٠٠٠ مَرَّةٍ بتدميرِ المَواطنِ الطبيعيَّةِ وتلويثِ البيئة وصَيدِ مُختلفِ الأنواعِ وتجميعِها. ومن العَسيرِ احتِسابُ سُرعةِ انقراضِ الأنواعِ هذه بدِقَّةٍ حاليًّا، لكنَّ بعضَ الخُبراءِ يُقدِّرونَها بحَوالى ١٠٠ نوعٍ يوميًّا – أي نوعًا كُلَّ رُبعِ ساعة. ويُقَدِّرون أنَّ ما يُقارِبُ المِليونَ نوعٍ مُهَدَّدةٌ بالانقراضِ خِلالَ الـ ٢٠ سنةً القادمةَ ما لَمْ تُتَّخذِ الآنَ إجراءاتٌ حاسِمةٌ لِتفادي ذلك.

أسبابٌ مجهولة

الصَّيدُ والتَّجميع

تدميرُ المَواطِنِ الطبيعيَّة

سطوُ الحيواناتِ الدَّخيلة

أسبابٌ أخرى (كالأمراض)

أسبابُ الانقراض

الأسبابُ الحقيقيَّةُ لانقراضِ الكثيرِ من أنواعِ الحيوان لا تَزالُ مَجهولةً، لكنَّ المُخطَّطَ البيانيَّ الدائريَّ أعلاه، يُبيِّنُ أنَّ تدميرَ المَواطنِ الطبيعيَّةِ والحيواناتِ المَجلوبةَ الدَّخيلةَ هما سببانِ رئيسيّانِ لذلك. كذلك فإنَّ الصَّيدَ وتجميعَ الهُواةِ مسؤولانِ أيضًا عن اختِفاءِ العديدِ من الحيوانات.

المناطقُ الرَّطْبةُ البِكْرُ (التي لم تعمل فيها يَدُ الإنسان)، كالمُستنقَعات والسَّبخات، هي مَواطنُ طبيعيَّةٌ غنيَّةٌ للحياةِ البرّيَّة، بخاصَّةٍ للحَشَراتِ والأسماكِ والطُّيور.



أسبابُ تدميرِ المناطقِ الرَّطْبة تشمَلُ: التجفيفَ والطَمْرَ (لإنشاءِ المَزارعِ والمُدُنِ والموانئ والمَصانع)، والتلوُّثَ وتعدينَ الخُثِّ والوَقُودِ والمعادنِ، وقَطْعَ الأشجارِ للخَشَب.

تدميرُ المناطقِ الرَّطْبة

المناطقُ الرَّطْبةُ هي إحدى الأنظمةِ البيئيَّةِ الأكثرِ تعرُّضًا للتهديد في العالَم؛ وقد تَمَّ تدميرُ أكثرَ من نِصْفِها بالفِعْل. لقد زالَ بعضُها بأسبابٍ طبيعيَّةٍ كارتفاعِ مُستوى سطحِ البَحرِ أو الجَفافِ أو العواصفِ الهَوجاء؛ لكنَّ الكثيرَ منها دُمِّرَ بفِعْلِ الإنسان. إنَّ تجفيفَ هذه المَناطقِ بجَعْلِ التحكُّمِ بالحَشَراتِ والفيضاناتِ مُمكِنًا – فتُصبِحُ أكثرَ أمانًا لِعَيْشِ الناسِ في الجِوار. لكنَّ ذلكَ يَتْرُكُ الحياةَ البرّيَّةَ دُونما مَكانٍ تَلْجأُ إليه.

أبو مِنْجَل القِرْمِزي (يودوسيمُس روبَر)

بورتوريكو: ٣٤ نوعًا

ماليزيا: ٩ أنواع

ترينيداد وتوباغو: ٨ أنواع

الولاياتُ المتحدةُ الأمريكيَّة: ٥ أنواع

فنزويلا: ٣ أنواع

سِيشِل: نوعان

طيورٌ في خَطَر

مُستنقَعاتُ القرام (المَنغروفيَّة) هي ضَرْبٌ من المَناطقِ الرَّطْبةِ على الشواطئِ المَداريَّة. والطُّيورُ بخاصَّةٍ، هي الأكثرُ تعرُّضًا للخطرِ جرّاءَ تدميرِ تلكَ المُستنقَعات. ويُبيِّنُ المُخطَّطُ أعلاه العدةَ المُقدَّرَ لأنواعِ الطُّيورِ المُهدَّدةِ بالانقراضِ في المُستنقَعاتِ المَنغروفيَّةِ حَوْلَ العالَمِ اليوم.



البَنْدا النادِر

يَعيشُ البَنْدا الضَّخْمُ (أيلوروبودا مِلانولُيوكا) في غاباتِ الخَيْزُرانِ في الجَنوبِ الغربيِّ من الصين. لكنَّ مُعظَمَ حراجِ الخَيْزُرانِ قد اجتُثَّتْ وحَلَّ مَحلَّها القُرى وحُقولُ الأَرُزّ. ويُعتقَدُ أنَّ عددَ البَنْداتِ الضخمةِ الباقيةِ هو بين ٣٠٠ و ٤٠٠ فقط – تعيشُ في غاباتٍ صغيرةٍ من الخَيْزُران تَفْصِلُ بينها أراضٍ زِراعيَّة.

نَباتاتٌ في خَطَر

يُقدِّرُ الخُبراءُ أنَّ قُرابةَ رُبْعِ الأنواعِ النباتيَّةِ في العالَمِ مُهَدَّدٌ بالانقراضِ نتيجةً لتدميرِ مَواطِنِها الطبيعيَّة؛ أو تسويقِها. فنباتُ السَّيفِ الفِضّيِّ (أرجيروزِفْيُم كاوِنس) هنا في هاواي، مُهدَّدٌ بالانقراضِ لإدخالِ الماعِزِ التي تأكلُه؛ ولإقبالِ هُواةِ تجميعِ النَّباتاتِ على اقتِنائه.

محاصيلُ قَصَبِ السُّكَّرِ الأستراليَّة تُتْلِفُها آفاتٌ كخنافسِ القَصَب.

الفِئرانُ بطبيعتِها آفَةٌ لِلمزارعين، لكنَّها لم تكُنِ الفرائسَ المقصودةَ عندما جُلِبَتْ علاجيمُ القَصَبِ إلى كوينزلَنْد.

خُنْفُسةُ القَصَب (درمولِپيدا البوهيرتوم) تأكلُ قَصَبَ السُّكَّر.

علجومُ القَصَبِ يأكلُ خنافسَ القَصَبِ وحشَراتٍ أخرى.

علجومُ القَصَبِ يأكلُ الضفادعَ الصغيرة.

علجومُ القَصَبِ يأكلُ الفئرانَ والقوارضَ الصغيرةَ الأخرى.

الضِّفادعُ المحلِّية (الأصليَّة) ليستْ آفةً لِمُزارعي قَصَبِ السُّكَّر.

علجومُ القَصَبِ يأكلُ الوَزَغَ وعظايا أُخرى.

العظايا والوَزَغُ حليفةُ المُزارعين ضِدَّ الحشَرات.

أُدْخِلَ علجومُ القَصَبِ (بوفو ماريْنوس) إلى الشبكةِ الغذائيَّة.

جورج شاللَر

البُحوثُ التي أجراها عالِمُ الحيوانِ الأمريكيّ الدكتور جورج شاللَر (١٩٣٣-)، ساعدَتِ العُلماءَ في استنباطِ أساليبَ لِحمايةِ البيئة. فقد درسَ شاللَر سُلوكَ كثيرٍ منَ الحيواناتِ في مواطِنِها البرِّيَّة - كالپَنْدات في الصين، والغوريلّاتِ والأُسود في إفريقية، والأورانْغُتانات في سَارَواك، والبُبورِ والنُّمور في الهِنْد. ومن كُتُبِهِ العديدة: «الأيِّلُ والبَبْر»، «عامُ الغُوريلّات».

استجلابُ الأنواع

في العام ١٩٣٥، أُدخِلَ نوعٌ من العَلاجيم الأمريكيَّةِ إلى منطقة كوينزلَنْد في أستراليا - كعَدُوٍّ طبيعيٍّ لِلخنافسِ المُدمِّرةِ لقَصَبِ السُّكَّر. لكِنَّ العلاجيمَ لم تكتَفِ بِقَنْصِ الخنافس بل راحتْ تأكُلُ كائناتٍ عديدةً أُخرى. ولانعدامِ المُفترِساتِ الطبيعيَّةِ لِلعلاجيم، فقد تكاثَرَتْ بأعدادٍ ضخمةٍ غدَتْ تدمِّرُ الحياةَ البرِّيَّةَ الأستراليَّةَ الأصليَّة.

لا يُوجَدُ عددٌ كافٍ من مُفْتَرِساتِ علاجيمِ القَصَبِ لِلحَدِّ من تكاثُرِها - فلا يقنِصُها إلّا الجياعُ من الطَّيرِ أو الحيّاتِ أحيانًا.



حدائقُ الحيَوانات

دأبَ النَّاسُ مُنْذُ القِدَمِ على اصطيادِ الحيواناتِ البرِّيَّةِ وعَرْضِها في حدائقَ ومُتنزَّهات. الكثيرُ من هٰذه الحيواناتِ كان نادرًا؛ وقد غدا بتناقُصِ الحدائقِ على اقتنائِهِ مُهدَّدًا بالانقراض. وتقومُ مُعظمُ حدائقِ الحيوانِ اليومَ باستيلادِ حيَواناتِها؛ كما يقومُ بعضُها باستيلادِ حيواناتٍ برِّيَّةٍ نادرة - كالمَهاةِ العربيةِ والنَّسْناسِ الذهبيِّ والذِّئبِ الأحمر - ثُمَّ إعادتِها لِتَسْرَحَ في مَواطِنِها البرِّيَّة.

لمزيد من المعلومات انْظُر

دوراتٌ في الغِلافِ الحيَويِّ ص ٣٧٢
البَشَرُ وكوكبُهم ص ٣٧٤
الفضَلاتُ وإعادةُ تدويرِها ص ٣٧٦
السَّلاسِلُ والشَّبكاتُ الغذائيَّة ص ٣٧٧
المناطِقُ الرَّطْبة ص ٣٨٩
الحِفاظُ على البيئةِ الطبيعيَّة ص ٤٠٠
حقائقُ ومَعلومات ص ٤٢٤

١٩٨٣: ٣١٨٠٠٠ جلد	١٩٨٥: ١٠٩٥٠٠ جلد	١٩٨٧: ١٥٧٧٠٠ جلد	١٩٨٩: ٦٨٨٠٠ جلد

تِجارةُ الجُلود

الكثيرُ منَ الحيواناتِ البرِّيَّةِ لا تزالُ تُصطادُ، وغالبًا بصورةٍ غيرِ قانونيَّة، طَلَبًا لِفِرائِها أو قُرونِها أو أنيابِها. فبعضُ النَّاسِ يتَوقونَ لارتداءِ مَعاطِفَ من جُلودِ السِّنَّوريَّاتِ الكبيرة، كالفُهودِ والنُّمور. ويُبيِّنُ الشَّكلُ البيانيُّ أعلاه، مُجمَلَ الصادِراتِ العالميَّةِ من الجُلود. وقد تناقصَتْ هذه الكمِّيَّاتُ كثيرًا في الثمانينيَّات، لكِنَّ كثيرًا من هذه السِّنَّوريَّات لا تَزالُ تواجِهُ خطرَ الانقراض.

الفُقْمةُ الرَّاهبة

الفُقْماتُ الرَّاهِبةُ (من نوع موناكُس) هي بعضُ أنْدَرِ الفُقْماتِ في العالَم. فالمُتبقّي منها يقِلُّ عن ٥٠٠ في البَحْرِ الأبيضِ المتوسط و١٥٠٠ في هاواي؛ وقد انقرَضَ ما كانَ يعيشُ منها في البَحرِ الكاريبي. إنَّ تلوُّثَ البَحْر، والصَّيْدَ، والمراكبَ السريعةَ، والطائراتِ قد أقلقَتْ راحةَ الفُقْماتِ وأخلَّتْ بِنظامِ توالُدِها.



الحِفاظ على البيئةِ الطبيعيّة



حِصانُ بِرزِوَلسكي (إكْووس فيرَس) – استُولِدَ في الأَسْرِ وأعيدَ إلى الحياةِ البرِّيّة.

فَراشُ الخَلنَج البرتُقالية الرَّقطاءُ (مليكتا اثاليا) – دُرِسَتْ احتِياجاتُها الخاصّةُ وأُعيدَتْ إلى الحياةِ البرِّيّة.

قُضاعةُ البَحرِ الجنوبيِ (إنهيدريس لوتْرا) – مَحظورٌ صيدُه ومُصانٌ في مَحمِيّاتِ الحياةِ البرِّيّة.

إوَزّةُ هاواي (برانْتا سانْدفِيسِنْسِز) استُولِدَتْ في الأسْرِ، ثمَّ أُعيدَت للحياةِ البرّيّة.

الكُوالا (فاسكُولارْكْتُس سِيْنِرِيُوس) محظورٌ صيدُه ومُصانٌ في مَحمِيّاتِ الحياةِ البرِّيّة.



بِحَظْرِ الصَّيْد، وحِمايةِ المَواطنِ البيئيّة، وإقامةِ المَحميّاتِ الطبيعيَّة، وتخفيضِ التلَوُّثِ، يُمكِنُ إنقاذُ العديدِ من أنواعِ الحيواناتِ والنباتات النادِرة. لقد بدأ الناسُ يُدركونَ أهميّةَ إنقاذِ الحياةِ البَرّيَّة من الانقِراض. فالمُنَظَّماتُ العالميَّة، كالصندوقِ الماليّ العالميّ للطبيعة، والاتحادِ الدوليّ للحِفاظِ على الطبيعة والمواردِ الطبيعيّة، جَعَلت الناسَ يَعُونَ مَشاكِلَ البيئة، وحفَزَتْهُم على جَمْعِ المالِ لِحمايةِ الأنواعِ المُختلِفة والحِفاظِ على مَواطِنِها الطبيعيّة. والأحياءُ البَرِّيَّةُ المُبَيَّنَةُ على جوانبِ هذه الصفحة هي بعضُ الكائناتِ التي تَمَّ إنقاذُها.

الذِّئبُ الأحمر (كانيس روفوس) – استُولِدَ في حدائقِ الحيوان وأُعيدَ إلى الحياة البرّيّة.





اجتِماعُ القِمّةِ لِشؤونِ البيئة

في العام ١٩٩٢، انعقَدَ في ريو دي جانيرو، بالبرازيل، مُؤتمرٌ حَوْلَ البيئة، تمثَّلَتْ فيه حُكوماتُ مُعظمِ دُوَلِ العالَم. وتدارَسَ المَندوبونَ وسائِلَ إنقاذِ كَوكَبِنا. وقد نُصِبَ في ريو دي جانيرو «شجرةُ حياةٍ» أُلصِقَتْ عليها أوراقٌ كُتِبَ عليها ما وعَدَ الناسُ بِفعلِه، وما يعتقدون أنّ على الحكوماتِ القيامَ به.

الحوتُ الرماديّ (إشكريكْتيوس رُوبَسْتوس) – صَيدُه مَحظور.

مَحميّاتُ الحياة البرِّيّة

كانَتْ حديقةُ يَلوسْتُون القوميّةُ في الولاياتِ المُتّحدة أوّلَ حديقةٍ قوميّةٍ في العالَم. وهُنالكَ اليومَ، في مُختلِفِ أنحاءِ العالَم، مناطِقُ ريفيّةٌ أُفرِدَتْ كمَحمِيّاتٍ للحياةِ البرِّيّة. فالنباتاتُ والحيواناتُ في هذه المناطقِ مَحميّةٌ قَدْرَ الإمكانِ من القَناصةِ الآدميّين وهُواةِ التجميع، كما يُحظَّرُ على المُستثمرينَ وشركاتِ التطوير تَشييدُ المباني فيها. إنّ بعضَ هذه المَحميّاتِ شاسعٌ يَشمَلُ آلافَ الكيلومتراتِ المُربَّعة، وبعضُها الآخَر لا يتجاوزُ حَرَجةً صغيرةً أو قِطعةَ أرضٍ لم تَطَلْها بَعْدُ يَدُ التطورِ الحَضَريّ.



البيزونُ الأوروبيّ (بيزُون بُوناسُس) مَحميٌّ في المَحميّاتِ الطبيعيّةِ ببولَنْدا.

كيفَ يمكِنُكَ المُساعَدة

كُلُّ فردٍ منّا يَستطيعُ الإسهامَ في الحِفاظِ على البيئة والحياةِ البرِّيّة. فأنتَ مثلًا تَستطيعُ جَمْعَ الوَرقِ والعُلَبِ والقناني الفارغةِ لإعادةِ تدويرِها. فذلك يُساعِدُ في خَفضِ عَددِ الأشجارِ المُقتَطَعة، والحَدِّ من حفريّاتِ التعدينِ تحتَ المَواطنِ الطبيعيّةِ النادرة. كذلك، يُمكِنُكَ التوَقُّفُ عن شِراءِ الأشياءِ المَصنوعةِ من حيواناتٍ أو نباتاتٍ نادِرة، واجتِنابُ العُبُوّاتِ ومَوادِّ التغليفِ التي لا يُمكِنُ إعادةُ تدويرِها.



رَمْزُ إعادة التدوير

الدُّبُّ القُطبيّ (ثالارْكْتوس ماريتيمُوس) – مَوطِنُه البيئيّ مَحميٌّ وصَيدُه مَحظور.

المَهاةُ العربيّة (أوريكس ليوكوريكس) استُولِدَتْ في حدائقِ الحيوان وأُعيدَتْ إلى الحياة البرِّيّة.

الرَّنْبَقُ الفرجَوْني النيوزيلنديّ (زِيرونيما كُلَنْسُتمون) – مَحميٌّ في مَحمِيّاتٍ جُزُريّة.

النَّمِر (بانْثِرا تيْجرِيس) – مَحظورٌ صيدُه ومَحميٌّ في مَحمِيّات.

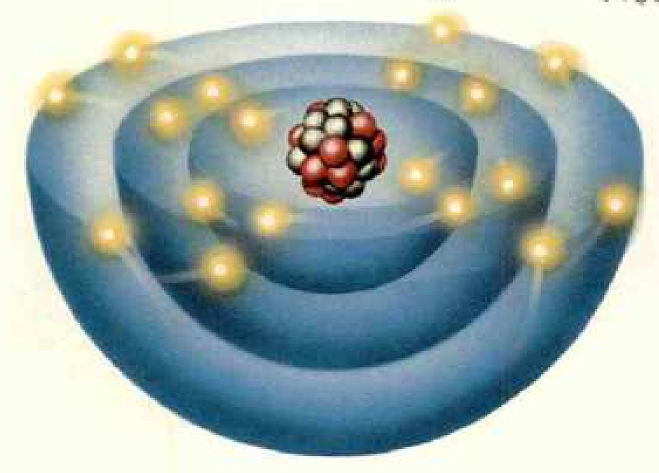
أيِّلُ الأب داوود (إلافورُوس دافيديَنْسِز) – أُعيدَ من مَحميّاتٍ في الغَرْبِ إلى الحياةِ البرّيّةِ في الصين.

لمزيدٍ من المعلومات انظُر

الغِلافُ الحَيَويّ ص ٣٧٠
دَوراتٌ في الغِلاف الحَيَويّ ص ٣٧٢
البَشَرُ وكوكبُهم ص ٣٧٤
الفَضَلاتُ وإعادةُ تدويرها ص ٣٧٦
الحياةُ البرّيّةُ في خطر ص ٣٩٨
حقائقُ ومعلومات ص ٤٢٤

حَقائِقُ ومَعلومات

يَحوي هذا القِسمُ مُخطَّطاتٍ وخَرائطَ وجَداولَ حافِلةً بالمعلوماتِ والإحصائيّاتِ العِلميّةِ المُهِمّة. ومَوادُّ هذا القسم مُرَتَّبةٌ ألِفبائيًّا في هذا الفِهرسِ المُوجَزِ لِتَسهيلِ الرجوعِ إليها - عِلْمًا أنَّ الفِهرسَ العام ص ٤٣٤ جامِعٌ شامِلٌ لمختلِفِ موادِّ المَوسوعة.



المادّة

الجَدولُ الدَّوريُّ لِلعناصِر

لقد رُتّبت العناصرُ الكيماويّةُ في هذا الجدولِ ترتيبًا تصاعديًّا تبعًا لأعدادها الذرّيّة، كما هي الحالُ في الجَدولِ الدّوريّ التقليدي. والكُتلةُ الذرّيّةُ النّسبيّةُ المُعتمدةُ لِلعُنصر هي لِلنّظيرِ الأكثرِ شيوعًا، أو النظيرِ الأكثرِ استقرارًا في حالِ العناصرِ المُشِعّة. وحيثُ تغيبُ المُعطياتُ لِلعُنصر، فهُو قصيرُ العُمرِ جدًّا والكمّيّاتُ التي حُضّرت منه ضئيلةٌ جدًّا يتعذّرُ تحديدُ خواصّه. أُنظُر ص ٢٢، ٢٤، ٣١، ٣٢.

العدد الذرّي	العُنصُر	الرّمز	الكتلة الذرّيّة النّسبيّة	نُقطة الانصهار °س	نقطة الغليان °س	التكافؤ	تاريخ الاكتشاف	الوصف الطبيعي
١	الهيدروجين	هـ	١	-٢٥٩	-٢٥٣	١	١٧٦٦	غازٌ عديمُ اللون
٢	الهليوم	هي	٤	-٢٧٢	-٢٦٩	٠	٩٥/١٨٦٨	غازٌ عديمُ اللون
٣	الليثيوم	لث	٧	١٧٩	١٣١٧	١	١٨١٧	فلزٌ ابيضُ فضّي
٤	البريليوم	بي	٩	١٢٨٢	٢٤٨٧	٢	١٧٩٨	فلزٌ رمادي
٥	البورون	ب	١١	٢٣٠٠	٢٥٥٠	٣	١٨٠٨	مسحوق بُنّيّ داكن
٦	الكربون	ك	١٢			٤,٢		
	~ الغرافيت			٣٥٠٠	٣٩٠٠		قديم	جامدٌ أسود
	~ الماس			٣٥٠٠	٤٨٢٧		قديم	جامدٌ عديمُ اللون
٧	النتروجين	ن	١٤	-٢١٠	-١٩٦	٥,٣	١٨٨٥	غازٌ عديمُ اللون
٨	الأكسجين	أ	١٦	-٢١٩	-١٨٣	٢	١٧٧٢	غازٌ عديمُ اللون
٩	الفلور	فل	١٩	-٢٢٠	-١٨٨	١	١٨٨٦	غازٌ أصفرُ مخضرٌّ باهت
١٠	النيون	نن	٢٠	-٢٤٩	-٢٤٦	٠	١٨٩٨	غازٌ عديمُ اللون
١١	الصوديوم	ص	٢٣	٩٨	٨٩٠	١	١٨٠٧	فلزٌ ابيضُ فضّي
١٢	المغنسيوم	مغ	٢٤	٦٥٠	١١٠٥	٢	١٨٠٨	فلزٌ ابيضُ فضّي
١٣	الالومنيوم	لم	٢٧	٦٦٠	٢٤٦٧	٣	١٨٢٥	فلزٌ فضّي
١٤	السليكون	س	٢٨	١٤٣٠	٢٣٥٥	٤	١٨٢٤	جامدٌ رماديٌّ داكن
١٥	الفسفور	فو	٣١			٥,٣	١٦٦٩	
	~ الأبيض			٤٤	٢٨٠			جامدٌ شمعي
١٦	الكبريت	كب	٣٢			٦,٤,٢	قديم	
	~ المعيني			١١٩	٤٤٥			جامدٌ أصفر
١٧	الكلور	كل	٣٥	-١٠١	-٣٤	٧,٥,٣,١	١٧٧٤	غاز اخضرُ مُصفرّ
١٨	الأرجون	غو	٤٠	-١٨٩	-١٨٦	٠	١٨٩٤	غازٌ عديمُ اللون
١٩	البوتاسيوم	بو	٣٩	٦٤	٧٥٤	١	١٨٠٧	فلزٌ ابيضُ فضّي
٢٠	الكالسيوم	كا	٤٠	٨٤٨	١٤٨٧	٢	١٨٠٨	فلزٌ ابيضُ فضّي
٢١	السكانديوم	سك	٤٥	١٥٤١	٢٨٣١	٣	١٨٧٩	فلزّي
٢٢	التيتانيوم	ت	٤٨	١٦٧٧	٣٢٧٧	٤,٣	١٧٩٥	فلزٌ فضّي
٢٣	الفاناديوم	فن	٥١	١٩١٧	٣٣٧٧	٥,٤,٣,٢	١٨٠١	فلزٌ رماديٌّ فضّي
٢٤	الكروم	كر	٥٢	١٩٠٣	٢٦٤٢	٦,٣,٢	١٧٩٧	فلزٌ فضّي
٢٥	المنغنيز	من	٥٥	١٢٤٤	٢٠٤١	٧,٦,٤,٣,٢	١٧٧٤	فلزٌ ابيض مُحمرّ
٢٦	الحديد	ح	٥٦	١٥٣٩	٢٨٨٧	٣,٢	قديم	فلزٌ ابيضُ فضّي
٢٧	الكوبلت	كو	٥٩	١٤٩٥	٢٨٧٧	٣,٢	١٧٣٥	فلزٌ ابيضُ مُحمرّ
٢٨	النيكل	ني	٥٨	١٤٥٥	٢٨٣٧	٣,٢	١٧٥١	فلزٌ ابيض فضّي
٢٩	النحاس	نح	٦٣	١٠٨٣	٢٥٨٢	٢,١	قديم	فلزٌ قرنفليّ
٣٠	الخارصين	خ	٦٤	٤٣٠	٩٠٧	٢	١٧٤٦	فلزٌ ابيض مزرقّ
٣١	الجاليوم	جا	٦٩	٣٠	٢٤٠٣	٣,٢	١٨٧٥	فلزٌ رمادي
٣٢	الجرمانيوم	جر	٧٤	٩٣٧	٢٣٥٥	٤	١٨٨٦	فلزٌ ابيض رمادي
٣٣	الزرنيخ	ز	٧٥	٨١٧	٦١٣	٥,٣	١٢٥٠	جامدٌ رمادي فولاذي
٣٤	السلينيوم	سل	٨٠	٢١٧	٦٨٥	٦,٤,٢	١٨١٧	جامدٌ رمادي
٣٥	البروم	بر	٧٩	-٧	٥٩	٧,٥,٣,١	١٨٢٦	سائل بُنّي محمرّ
٣٦	الكريبتون	كن	٨٤	-١٥٧	-١٥٢	٠	١٨٩٨	غازٌ عديمُ اللون
٣٧	الروبيديوم	بيد	٨٥	٣٩	٦٨٨	١	١٨٦١	فلزٌ ابيض فضّي
٣٨	السترنشيوم	سر	٨٨	٧٦٩	١٣٨٤	٢	١٨٠٨	فلزٌ ابيض فضّي
٣٩	الإيتريوم	يت	٨٩	١٥٢٢	٣٣٣٨	٣	١٧٩٤	فلزٌ رماديٌّ فولاذي
٤٠	الزركونيوم	كز	٩٠	١٨٥٢	٤٣٧٧	٤	١٧٨٩	فلزٌ رماديٌّ فولاذي
٤١	النيوبيوم	نب	٩٣	٢٤٦٧	٤٧٤٢	٥,٣	١٨٠١	فلزٌ رمادي
٤٢	الموليبدنوم	مو	٩٨	٢٦١٠	٥٥٦٠	٦,٥,٤,٣,٢	١٧٧٨	فلزٌ فضّي
٤٣	التكنيشيوم	تك	٩٧	٢١٧٢	٤٨٧٧	٧,٦,٤,٣,٢	١٩٣٧	فلزٌ رماديٌّ فضّي
٤٤	الروثنيوم	رث	١٠٢	٢٣١٠	٣٩٠٠	٨,٦,٤,٣	١٨٤٤	فلزٌ ابيضُ مُزرقّ
٤٥	الروديوم	يم	١٠٣	١٩٦٦	٣٧٢٧	٤,٣	١٨٠٣	فلزٌ ازرقُ فولاذي
٤٦	البلاديوم	لد	١٠٦	١٥٥٤	٢٩٧٠	٤,٢	١٨٠٣	فلزٌ ابيض فضّي
٤٧	الفضّة	ف	١٠٧	٩٦٢	٢٢١٢	١	قديم	فلزٌ ابيضُ لمّاع
٤٨	الكادميوم	كد	١١٤	٣٢١	٧٦٧	٢	١٨١٧	فلزٌ ابيضُ مُزرقّ
٤٩	الإنديوم	ند	١١٥	١٥٦	٢٠٠٠	٣,١	١٨٦٣	فلزٌ فضّي مُزرقّ
٥٠	القصدير	ق	١٢٠	٢٣٢	٢٢٧٠	٤,٢	قديم	فلزٌ ابيض فضّي
٥١	الأنتيمون	نت	١٢١	٦٣١	١٣٨٠	٥,٣	قديم	فلزٌ فضّي
٥٢	التلوريوم	تل	١٣٠	٤٥٠	٩٩٠	٦,٤,٢	١٧٨٢	جامدٌ رماديٌّ فضّي
٥٣	اليود	ي	١٢٧	١١٤	١٨٤	٧,٥,٣,١	١٨١١	جامد أسود أرجواني
٥٤	الزنون	نز	١٣٢	-١١٢	-١٠٧	٠	١٨٩٨	غازٌ عديمُ اللون

العدد الذرّي	العُنصر	الرّمز	الكتلة الذرّيّة النّسبيّة	نُقطة الانصهار °س	نقطة الغليان °س	التكافؤ	تاريخ الاكتشاف	الوصف الطبيعي
٥٥	السيزيوم	سز	١٣٣	٢٩	٦٧١	١	١٨٦٠	فلزّ أبيضُ فضّي
٥٦	الباريوم	با	١٣٨	٧٢٥	١٦٤٠	٢	١٨٠٨	فلزّ أبيضُ فضّي
٥٧	اللنثانوم	لن	١٣٩	٩٢١	٣٤٥٧	٣	١٨٣٩	فلزّي
٥٨	السيريوم	سي	١٤٠	٧٩٩	٣٤٢٦	٤،٣	١٨٠٣	جامدٌ رماديٌ داكن
٥٩	البراسيوديميوم	بس	١٤١	٩٣١	٣٥١٢	٣	١٨٨٥	فلزّ رماديٌ فولاذي
٦٠	النيوديميوم	نم	١٤٢	١٠٢١	٣٠٦٨	٣	١٨٨٥	فلزّ أبيض مصفرّ
٦١	البروميثيوم	بم	١٤٥	١١٦٨	٢٧٠٠	٣	١٩٤٧	فلزّي
٦٢	الساماريوم	سم	١٥٠	١٠٧٧	١٧٩١	٣،٢	١٨٧٩	فلزّ رماديٌ فاتح
٦٣	اليوروبيوم	يو	١٥٢	٨٢٢	١٥٩٧	٣،٢	١٨٩٦	فلزّ رماديٌ فولاذي
٦٤	الجادولينيوم	جد	١٥٨	١٣١٣	٣٢٦٦	٣	١٨٨٠	فلزّ أبيض فضّي
٦٥	التربيوم	تب	١٥٩	١٣٥٦	٣١٢٣	٣	١٨٤٣	فلزّ فضّي
٦٦	الديسبروسيوم	سب	١٦٤	١٤١٢	٢٥٦٢	٣	١٨٨٦	فلزّي
٦٧	الهولميوم	هل	١٦٥	١٤٧٤	٢٦٩٥	٣	١٨٧٨-٩	فلزّ فضّي
٦٨	الإربيوم	ير	١٦٨	١٥٢٩	٢٨٦٣	٣	١٨٤٣	فلزّ فضّي رمادي
٦٩	الثوليوم	ثم	١٦٩	١٥٤٥	١٩٤٧	٣،٢	١٨٧٩	فلزّي
٧٠	الإيتربيوم	تر	١٧٤	٨١٩	١١٩٤	٣،٢	١٨٧٨	فلزّ فضّي
٧١	اللوتيشيوم	لو	١٧٥	١٦٦٢	٣٣٩٥	٣	١٩٠٧	فلزّي
٧٢	الهفنيوم	هف	١٨٠	٢٢٢٧	٤٦٠٢	٤	١٩٢٣	فلزّ رماديٌ فولاذي
٧٣	التنتالوم	تا	١٨١	٢٩٩٦	٥٤٢٧	٥،٣	١٨٠٢	فلزّ فضّي
٧٤	التنجستن	تن	١٨٤	٣٤١٠	٥٦٦٠	٦،٥،٤،٢	١٧٨٣	فلزّ رماديّ
٧٥	الرنيوم	نم	١٨٧	٣١٨٠	٥٦٢٧	٧،٤،١	١٩٢٥	فلزّ رماديٌ مبيض
٧٦	الأزميوم	مز	١٩٢	٢٧٠٠	٥٢٩٧	٨،٦،٤،٣،٢	١٨٠٤	فلزّ أزرقٌ رمادي
٧٧	الإريديوم	يد	١٩٣	٢٤١٠	٤١٣٠	٤،٣	١٨٠٤	فلزّ أبيضُ فضّي
٧٨	البلاتين	بت	١٩٥	١٧٧٢	٣٨٢٧	٤،٢	١٧٣٥	فلزّ أبيض مزرق
٧٩	الذهب	ذ	١٩٧	١٠٦٤	٣٠٨٠	٣،١	قديم	فلزّ أصفرُ لمّاع
٨٠	الزئبق	زق	٢٠٢	-٣٩	٣٥٧	٢،١	قديم	سائلٌ فلزّي فضّي
٨١	الثاليوم	ثل	٢٠٥	٣٠٣	١٤٥٧	٣،١	١٨٦١	فلزّ رماديٌ مزرق
٨٣	الرّصاص	صا	٢٠٨	٣٢٨	١٧٤٤	٤،٢	قديم	فلزّ أزرق فولاذي
٨٣	البزموث	بز	٢٠٩	٢٧١	١٥٦٠	٥،٣	١٤٥٠	فلزّ فضّيٌ محمّر
٨٤	البولونيوم	بن	٢٠٩	٢٥٤	٩٦٢	٤،٣،٢	١٨٩٨	فلزّي
٨٥	الأستاتين	ست	٢١٠	٣٠٠	٣٧٠	٧،٥،٣،١	١٩٤٠	فلزّي
٨٦	الرادون	ر	٢٢٢	-٧١	-٦٢	٠	١٩٠٠	غازٌ عديمُ اللون
٨٧	الفرانسيوم	فر	٢٢٣	٢٧	٦٧٧	١	١٩٣٩	فلزّي
٨٨	الراديوم	ر	٢٢٦	٧٠٠	١٧٣٧	٢	١٨٩٨	فلزّ فضّي
٨٩	الأكتنيوم	كت	٢٢٧	١٠٥٠	٣٢٠٠	٣	١٨٩٩	فلزّي
٩٠	الثوريوم	ث	٢٣٢	١٧٥٠	٤٧٨٧	٤	١٨٢٨	فلزّ رمادي
٩١	البروتكتنيوم	بكت	٢٣١	١٥٩٧	٤٠٢٧	٥،٤	١٩١٧	فلزّ فضّي
٩٢	اليورانيوم	يو	٢٣٨	١١٣٢	٣٨١٨	٦،٥،٤،٣	١٧٨٩	فلزّ أبيض مزرق
٩٣	النبتونيوم	نو	٢٣٧	٦٣٧	٤٠٩٠	٦،٥،٤،٣،٢	١٩٤٠	فلزّ فضّي
٩٤	البلوتونيوم	بل	٢٤٤	٦٤٠	٣٢٣٠	٦،٥،٤،٣،٢	١٩٤٠	فلزّ فضّي
٩٥	الأمريشيوم	مر	٢٤٣	٩٩٤	٢٦٠٧	٦،٥،٤،٣،٢	١٩٤٤	فلزّ أبيض فضّي
٩٦	الكوريوم	كم	٢٤٧	١٣٤٠	٣١٩٠	٤،٣،٢	١٩٤٤	فلزّ فضّي
٩٧	البركليوم	بك	٢٤٧	١٠٥٠	٧١٠	٤،٣،٢	١٩٤٩	فلزّ فضّي
٩٨	الكاليفورنيوم	كف	٢٥١	٩٠٠	١٤٧٠	٤،٣،٢	١٩٥٠	فلزّ فضّي
٩٩	الأينشتينيوم	ين	٢٥٤	٨٦٠	٩٩٦	٣،٢	١٩٥٢	فلزّ فضّي
١٠٠	الفرميوم	فم	٢٥٧			٣،٢	١٩٥٢	فلزّي
١٠١	المندليفيوم	مد	٢٥٨			٣،٢	١٩٥٥	فلزّي
١٠٢	النوبليوم	نو	٢٥٥			٣،٢	١٩٥٨	فلزّي
١٠٣	اللورنسيوم	لر	٢٥٦			٣	١٩٦١	فلزّي
١٠٤	أنيلكواديوم	انك	٢٦٠				١٩٦٩	
١٠٥	أنيلبنتيوم	انب	٢٦٢				١٩٧٠	
١٠٦	أنيلهكسيوم	انه	٢٦٣				١٩٧٤	
١٠٧	أنيلسبتيوم	انس	٢٦٢				١٩٧٦	
١٠٨	أنيلوكتيوم	انو	٢٦٥				١٩٨٤	
١٠٩	أنيلينيوم	اني	٢٦٦				١٩٨٢	

إضمحلالُ المادّة

تضمحلُّ العناصرُ المُشعّةُ بمُعدّلاتٍ سُرعيّةٍ مُختلفة. وتَبْعثُ العناصرُ المُختلفةُ أنواعًا مُختلفةً من الإشعاع عند اضمحلالها تشملُ جُسيماتِ ألفا وجُسيمات بيتا وأشعّة جاما. ويُدعى الزمنُ اللازم لاضمحلال نِصفِ الكميّةِ الأصليّة للعُنصر عُمرَ النّصف.

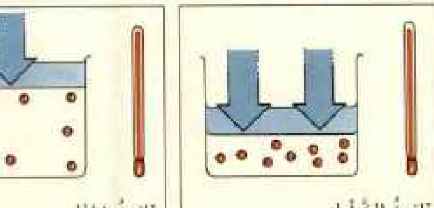
اليورانيوم ٢٣٨ α ٤٥٠٠ مليون سنة	البلوتونيوم ٢٣٩ α ٢٤٤٠٠ سنة	الكربون ١٤ β ٥٧٠٠ سنة	الراديوم ٢٢٦ α ١٦٠٠ سنة	السترنشيوم ٩٠ β ٢٨ سنة	الهدروجين ٣ β ١٢،٣ سنة
الكوبلت ٦٠ γ ٥،٣ سنة	الفسفور ٣٢ β ١٤،٣ يوم	اليود ١٣١ β ٨،١ يوم	الرادون ٢٢٢ α ٤ أيام	الرّصاص ٢١٤ β ٢٧ دقيقة	أنيلبنتيوم ١٠٥ α ٣٢ ثانية

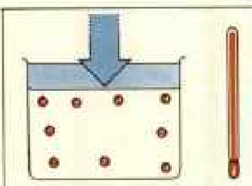
التفاعُلات



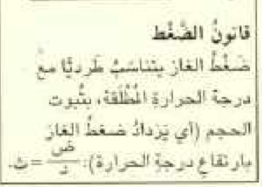
قَوانينُ الغازات

قوانينُ الغازات تَحكُمُ سُلوكَ الغازِ إذا تغيَّرتْ ظُروفُه – من حيثُ درجةُ حرارتِه «المُطلَقة» (د) أو ضَغْطُه (ض) أو حَجْمُه (ح). في المُعادلاتِ أدناه، الرَّمزُ (ث) يُمثِّلُ كمّيّةً ثابتة.









قانون بُويَل

ضَغْطُ الغازِ يتناسبُ عكسيًا مع حَجْمِه، في حالِ ثُبوتِ درجةِ الحرارة (أي يقلُّ الحجمُ بازديادِ الضَّغط): ض ح = ث.

قانونُ الضَّغْط

ضَغْطُ الغازِ يتناسبُ طَرديًا مع درجةِ الحرارةِ المُطْلَقة، بثُبوتِ الحجم (أي يزدادُ ضغطُ الغازِ بارتفاعِ درجةِ الحرارة): $\frac{ض}{د}$ = ث.

قانونُ شارل

حجمُ الغازِ يتناسبُ طَرديًا مع درجةِ الحرارةِ المُطْلَقة، في حالِ ثُبوتِ الضَّغط (أي يتمدَّدُ الغازُ بارتفاعِ درجةِ الحرارة): $\frac{ح}{د}$ = ث.

قانونُ الغازِ المِثالي

ض ح = ر د

قانونُ الغازِ المِثالي يجمعُ قانونَي بويَل وشارل وقانونَ الضَّغْط في مُعادلةٍ واحدة. وتُطَبَّقُ كافّةُ هذه القوانينِ على وجهٍ أمثلَ على الغازاتِ ذاتِ الجُزَيئاتِ الصَّغيرةِ الفسيحةِ التباعُد – وهي الغازاتُ التي يُقالُ فيها إنّها تَسْلُكُ مَسْلكَ الغازِ المِثالي. (ثابتُ الغاز «ر» هو نفسُه لِكُلِّ الغازات).

قانونُ جْريام (جراهام) في انتشار الغازات

سُرعةُ انتشارِ الغازِ تتناسبُ عكسيًا مع كثافتِه بثُبوتِ الضغطِ ودرجةِ الحرارة. اي إنّ الغازَ الاعلى كثافةً أقلُّ سُرعةَ انتشار. وهكذا فإنَّ الغازاتِ الخفيفةَ الجُزَيئاتِ تنتشِرُ بسُرعةٍ اكبر من الغازاتِ الثقيلةِ الجُزَيئات.

قِطعةُ قُطنٍ مُغمَّسة في مَحلول الامونيا – حَلقةٌ بيضاءُ من كلوريد الامونيوم – قِطعةُ قُطنٍ غُمِّست في حامِض الهدروكلوريك – غازُ الامونيا – غازُ كلوريد الهدروجين

تتكوَّنُ حلقةٌ بيضاءُ من كلوريد الامونيوم حيثُ يلتقي الغازان. وحيثُ إنَّ جُزَيئاتِ الامونيا اخفُّ من جُزَيئاتِ كلوريد الهدروجين، فإنّها تنتشِرُ بسُرعةٍ اكبر – وتكونُ الحلقةُ البيضاءُ اقربَ إلى الطرفِ الايسرِ لِلأُنبوب.

قانونُ آفوجادرو

الحجومُ المُتساويةُ من الغازاتِ تحوي نَفْسَ العددِ من الجُزَيئاتِ في حالِ تساوي درجةِ حرارتِها وضُغوطِها.

وَحْدَتا حجمٍ من أوّل أُكسيد الكربون – وَحْدَتا حجمٍ من ثاني أُكسيد الكربون

وَحْدَتا حجمٍ من غازِ أوّلِ أُكسيدِ الكربون تحويانِ نفْسَ العددِ من الجُزَيئاتِ كوَحْدَتَي حجمٍ من غازِ ثاني أُكسيدِ الكربون (بالرَّغمِ من أنَّ جُزَيئاتِ ثاني أُكسيدِ الكربونِ أثقلُ بكثير).

قانونُ جي لُوسّاك

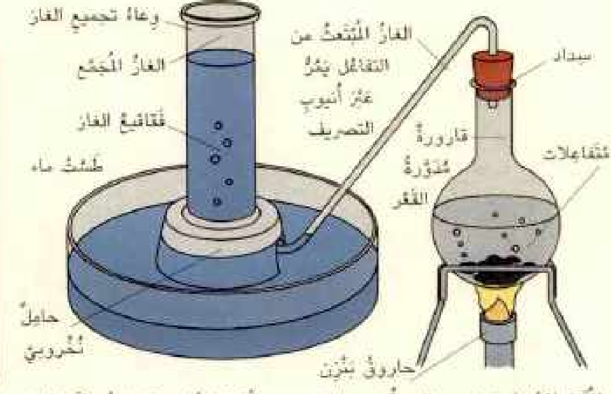
عندما تتفاعلُ الغازاتُ لِتُنتِجَ غازاتٍ أُخرى في درجةِ حرارةٍ وضغطٍ ثابتَيْن، فإنَّ نِسْبةَ احجامِ المُتفاعِلاتِ والمُنْتَجاتِ هي نِسْبةٌ عدديّةٌ بسيطةٌ صحيحة.

٢ ك أ(غ) ٤٠٠ سم^3 + أ$_2$(غ) ٢٠٠ سم^3 ← ٢ك أ$_2$(غ) ٤٠٠ سم^3

حجْمانِ من غازِ أوّلِ أُكسيدِ الكربون يتفاعلانِ دائمًا مع حجْمٍ واحدٍ من غازِ الأكسجين لِيُنتِجا حجْمَيْنِ من غازِ ثاني أُكسيدِ الكربون.

تَجْميعُ الغازات

من العَسيرِ تَجميعُ الغازِ الناتجِ عن تفاعُلٍ كيماوي، لكنَّ الجهازَ المُبيَّنَ يُيسِّرُ ذلك.



المُتفاعِلاتُ في تحضيرِ ثاني أُكسيدِ الكربون، مثلًا، يُمكِنُ أن تكونَ نُحاتةَ الرُّخام (كربونات الكالسيوم) وحامِضَ الهدروكلوريك المُخَفَّف.

إختِباراتُ تَعرُّفِ الغازات

ثاني أُكسيد الكربون

إذا أُمرِّرَت فقاقيعُ غازٍ في ماءِ الجيرِ الصافي (محلول هدروكسيد الكالسيوم)، وارْبَدَّ (تعكَّر) ماءُ الجير، فهذا يُثبِتُ أنَّ الغازَ هو ثاني أُكسيد الكربون.

الهدروجين

إذا قُرِّبَتْ شظيّةٌ مُشتعِلةٌ من عيِّنةٍ صغيرةٍ من غازٍ ما فتوهَّجَ الغازُ مُشتعِلًا بفَرْقَعةٍ، فهذا يُثبِتُ أنَّ الغازَ هو غازُ الهدروجين.

الأكسجين

إذا أُدخِلَتْ شظيّةٌ مُتوهِّجة (مُحْمَرَّة) في عيِّنةٍ صغيرةٍ من غازٍ ما فاشتعلَتِ الشظيّةُ مُجدَّدًا، فهذا يُثبِتُ أنَّ الغازَ هو غازُ الأكسجين.

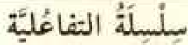
السَّوابِقُ واللواحِق

إسمُ المُركَّبِ الكيماويِّ يَدُلُّنا على العناصِرِ التي يتألَّفُ منها ذلك المُركَّب. ويُمكِنُنا الحصولُ على هذه المعلوماتِ بالنَّظرِ إلى لَواحقِ الاسمِ الكيماويِّ أو سَوابِقِه.



المُركَّب ينتهي بـ	الوَصْف	أمثِلة
– يد	يحوي فقط العُنصرَيْن المَذكورين في الاسم.	كبريتيد الحديد (ح كب)
– يت	يحوي الاكسجين بالإضافة إلى العُنصرَيْن المذكورَيْن في الاسم.	كبريتيت الحديد (ح كب أ$_3$)
– ات	يحوي اكسيجينًا اكثَرَ مِمّا هو مُتواجِدٌ في – يت بالإضافة إلى العُنصرَيْن المذكورَيْن في الاسم	كبريتات الحديد (ح كب أ$_4$)

السابقة (أو البادئة)	عدد الذرّات في البادئة	أمثِلة
اول	١	اول اكسيد الكربون (ك ا)
ثاني	٢	اكسيد ثُنائي النّتروجين (اكسيد النّتروز) ن$_2$ا؛ ثاني اكسيد النّتروجين (ن أ$_2$)
ثالث	٣	ثالث كلوريد البورون (ب كل$_3$)



سِلْسِلَةُ التفاعُلِيَّة

السِّلْسِلَةُ التاليةُ تُقارِنُ بين تَفاعُلِيَّةِ (وفاعِليَّةِ) الفلِزّاتِ المُختلِفة. فالفلِزّاتُ في أعلى السِّلْسِلة هي الأكثرُ تفاعُلِيَّةً، والأقلُّ تفاعُلِيَّةً هي في أسفلِها.

الفلِزّ		التفاعُلُ عند الإحماء في الهواء	التفاعُلُ مع الماء	التفاعُلُ مع حامضٍ مُخفَّف
البوتاسيُوم «بو»	K	احتراقٌ شديد يُنتِجُ الأكاسيد.	تفاعُلٌ مع الماء البارد لإنتاج غازِ الهدروجين ومَحلولِ هدروكسيدٍ قِلويّ. تقِلُّ شدّةُ التفاعُل نُزولًا نحو أسفلِ السِّلْسِلة.	تفاعُلٌ عنيفٌ يُنتِجُ غازَ الهدروجين ومَحلولًا مِلْحيًّا.
الصوديُوم «ص»	Na			
الكالسيوم «كا»	Ca	احتراقٌ تقِلُّ شِدّتُه نحو أسفلِ السِّلْسِلة.		تفاعُلٌ يُنتِجُ غازَ الهِدْروجين ومَحلولًا مِلْحيًّا. وتقِلُّ شِدّةُ التفاعُل نحو أسفلِ السِّلْسِلة.
المغنسيوم «مغ»	Mg		لا تفاعُلَ مع الماءِ البارد. تفاعُلٌ مع البُخار يُنتِجُ غازَ الهدروجين واكسيدَ الفلِزّ. وتقِلُّ شِدّةُ التفاعُل نحو أسفلِ السِّلْسِلة.	
الألومنيوم «لم»	Al			
الخارصين «خ»	Zn			
الحديد «ح»	Fe			
الرَّصاص «صا»	Pb	تفاعُلٌ بطيءٌ يُشكِّلُ طبقةً أكسيديّةً سطحيّة.	لا تفاعُل	
النحاس «نح»	Cu			لا تفاعُل
الفِضّة «ف»	Ag			
الذّهب «ذ»	Au			

قُدْرةٌ متزايدةٌ على الإزاحة.

تفاعُليّةٌ متزايدة

أجهِزَةٌ مُخْتَبَرِيَّة (أو مَخْبَرِيَّة)

هذه بعضُ أكثرِ الأجهزةِ استخدامًا في المُختبَرات.

قابِطة: تُمسِكُ القابِطةُ الأنابيبَ فوقَ الحامِل.

قِمْعُ الفَصْل: يَفصِلُ سائلَيْنِ لا مَزْوجين. فالسائلُ الأكثفُ يستقِرُّ في القعر، ويمكِنُ استِفراغُه أوّلًا.

حامِل: يُثبِّتُ الحامِلُ الأجهزةَ في مَكانِها.

قارورةٌ مُسطَّحةُ القَعْر: تُستخدَمُ في تفاعُلاتِ السّوائلِ عندما لا يكونُ هناك حاجةٌ للتسخين.

أنبوبُ إغلاء: أنبوبٌ من الزُّجاجِ السَّميكِ الصامِدِ للحرارة، يُستخدَمُ في الإحماءِ الشديدِ للجوامدِ والسوائل.

جَفْنةُ تَبخير: تُستخدَمُ لاحتواءِ المَحاليلِ المرادِ تسخينُها بلُطْفٍ لِطَرْدِ المُذيب.

أنبوبُ اختِبار: يُستخدَمُ في التفاعُلاتِ الكيماويّةِ البسيطة، وقد لا يكونُ مُلائمًا للإحماءِ الشديد.

قارورةٌ حَجْميّة: تُستخدَمُ في تحضيرِ مَحلولٍ دقيقِ التركيزِ جدًّا. والسِّدادُ يُمكِّنُ من مَزْجِ المَحاليلِ جيِّدًا.

دَورق: يُستخدَمُ كالكأسِ لاحتِواءِ السّوائل.

مِخبارُ قياسٍ مُدرَّج: يُستخدَمُ في القياسِ التقريبيّ لحَجْمِ السّائل.

ماصّةٌ مُدَرَّجة: تُستخدَمُ لِقياسِ أحجامٍ مُحدَّدةٍ بدِقّةٍ من السّوائل.

سَحّاحة: تُستخدَمُ في إضافةِ محلولٍ إلى آخرَ، كما تُسجِّلُ كمّيّةَ المحلولِ المُستخدَمِ بدِقّة.

زُجاجةُ مُراقبة: تُستخدَمُ لاحتِواءِ وتفَحُّصِ الجوامِد، وفي تبخيرِ كمّيّاتٍ قليلةٍ من السّوائل.

قارورةٌ مَخروطيّة: تُستخدَمُ في إجراءِ التفاعُلات. وهي، بخِلافِ الدَّورق، يُمكِنُ سدُّها بسِداد.

قَطّارة: تُستخدَمُ في إضافةِ كمّيّاتٍ قليلةٍ، غيرِ بالغةِ الدِّقّة، من مَحلولٍ إلى آخر.

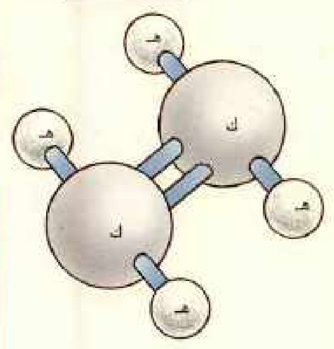
المَوادّ

الألْكانات والألْكينات

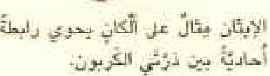
الألْكاناتُ والألْكيناتُ مُرَكَّباتٌ كيماويّةٌ هِدْروكربونيّةٌ تتألَّفُ من عُنْصُرَيْن فَقَط هما الهِدْروجين والكَربون. ومع أنَّ ذرّاتِ هٰذين العُنْصرَيْن مُرَتَّبةٌ بالنَّسَق نَفْسِه في كلا نَوْعَي المُركَّبات، فإنَّ الترابُطَ بين ذرّاتِ الكَربون أحاديٌّ في الألْكانات وثُنائيٌّ في الألْكينات. وهٰذا الفرقُ يعني أنَّ الألْكيناتِ تتفاعَلُ مع الموادِّ الأُخرى أكثرَ من الألْكانات (أُنْظُر استخدامات الإيثين إلى اليَسار). وتُستَخدَمُ الألْكانات كوُقودٍ بصُورةٍ رئيسيّة. وتتبايَنُ خصائصُ الألْكانات والألْكيناتِ تبَعًا لعددِ ذرّاتِ الكربون التي تحتويها.

الألْكانات

عدد ذرّات الكربون في السّلْسِلة	اسم المُركَّب	الحالة الطبيعيّة على ٢٢° س	الصِّيغةُ الجُزيئيّة
			C_nH_{2n+2} كن هـ٢ن+٢
١	الميثان	غاز	CH_4 ك هـ٤
٢	الإيثان	غاز	C_2H_6 ك٢ هـ٦
٣	البْروبان	غاز	C_3H_8 ك٣ هـ٨
٤	البيُوتان	غاز	C_4H_{10} ك٤ هـ١٠
٥	البِنْتان	سائل	C_5H_{12} ك٥ هـ١٢
٦	الهِكْسان	سائل	C_6H_{14} ك٦ هـ١٤
٧	الهِبتان	سائل	C_7H_{16} ك٧ هـ١٦
٨	الأُوكتان	سائل	C_8H_{18} ك٨ هـ١٨
٩	النُّونان	سائل	C_9H_{20} ك٩ هـ٢٠
١٠	الدِيكان	سائل	$C_{10}H_{22}$ ك١٠ هـ٢٢



الإيثين ألْكينٌ نَموذجيٌّ يحوي رابطةً ثُنائيّةً بين ذرّتَي الكَربون.



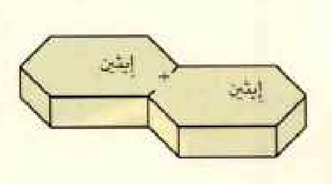
الإيثان مِثالٌ على ألْكانٍ يحوي رابطةً أحاديّةً بين ذرّتَي الكَربون.

الألْكينات

عدد ذرّات الكربون في السّلْسِلة	اسم المُركَّب	الحالة الطبيعيّة على ٢٢° س	الصِّيغةُ الجُزيئيّة
			C_nH_{2n} كن هـ٢ن
٢	الإيثين	غاز	C_2H_4 ك٢ هـ٤
٣	البروبين	غاز	C_3H_6 ك٣ هـ٦
٤	البيوتين	غاز	C_4H_8 ك٤ هـ٨
٥	البنتين	سائل	C_5H_{10} ك٥ هـ١٠
٦	الهكسين	سائل	C_6H_{12} ك٦ هـ١٢
٧	الهبتين	سائل	C_7H_{14} ك٧ هـ١٤
٨	الأوكتين	سائل	C_8H_{16} ك٨ هـ١٦
٩	النونين	سائل	C_9H_{18} ك٩ هـ١٨
١٠	الديكين	سائل	$C_{10}H_{20}$ ك١٠ هـ٢٠

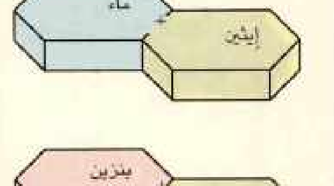
استِعمالاتُ الإيثين

يُستَحْضَرُ الإيثين خِلال عمليّاتِ تكرير النِّفْط أو الزيتِ الخام، بطريقة التَّكْسير. وتَجْري هٰذه العمليّةُ في وَحَداتٍ كيماويّةٍ ضَخْمة، حيثُ تعملُ الحرارةُ على تكْسير مَزيج من الهدروكربونات يُعرَفُ بالنَّفْثا. وتُستخدَمُ المُنتجاتُ الثانويّةُ وَقُودًا أو كموادّ أوليّةٍ مُهِمّةٍ في عمليّاتٍ كيماويّةٍ أُخرى. ويُستخدَمُ الإيثين مُستقِلًّا لإنضاج الثِّمار صِناعيًّا؛ لكنْ عندما يتفاعَلُ مع الكيماويّات، كما أدناه، فإنَّهُ يُنْتِجُ موادَّ جديدةً لها مئاتُ الاستِعمالاتِ في المَجالات الصناعيّة.



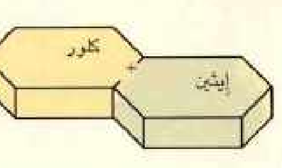
بُوليثين (مَكْثُورُ الإيثين)
يُستخدَمُ في التغليف والتوضيب (كالأغشية اللدائنيّة اللّاصِقة والأكياس والقَناني)؛ والأدواتِ المَقْوليّة (كالدِّلاء والدَّوارق والأواني المطبخيّة)؛ وغيرها (كالمواسير والكُبُول العازِلة والملابس والأفلام الفوتوغرافيّة).

إيثانُول
يُستخدَمُ في تحضير نُظُل الحلاقة والعُطُور ومُستحضراتِ التجميل والكُحولِ المُثَيَّل ومَذيباتِ الدِّهان والرّاتِنْجاتِ وأنواعِ الصابون والأصباغ وغيرها (كاللدائن والعقاقير – كمُخَدِّراتِ التبنيج، والأنْسِجة).



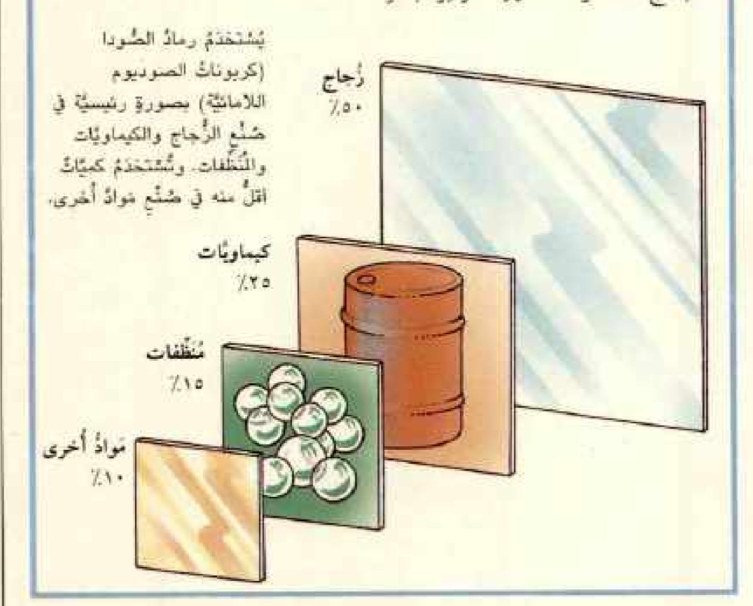
بُوليسْتيرين
يُستخدَمُ في صُنْع بلاطِ السُّقوف وعَوازِلِ الجُدرانِ المُفرَّغة والطاساتِ والأكوابِ وموادِّ التغليف (كما في أوعية اللَّبن)؛ والنَّيْلون (للملابس والسَّجاد وأوتار مَضارِبِ التِّنس وشِباك صَيْد السَّمك)؛ وغيرها (كَدَواليبِ السيّاراتِ والدِّهاناتِ اللَّثْيّة والأقراص الحاسوبيّة والألعاب).

كلوريد البُوليفِنيل
يُستخدَمُ كمادّة عازِلة وكتَغْطِيةٍ واقية (لمواسيرِ الغاز والماء وخراطيم المياه والكُبُول العازِلة وتركيباتِ السُّقوف وأُطُر النوافذ وبلاط الأرضيّات)؛ وكذلك لِصُنْعِ وَرَقِ الجُدرانِ والسَّتائرِ والمُشَمّعاتِ والملابس الواقية والحقائب اليدويّة والألعابِ والأُسْطوانات وشرائط التسجيل، والكيماويّات (كالدُّخْنات المُطهِّرة ومُزيلاتِ الشَّحْم) والمُبَرِّدات وغيرها.



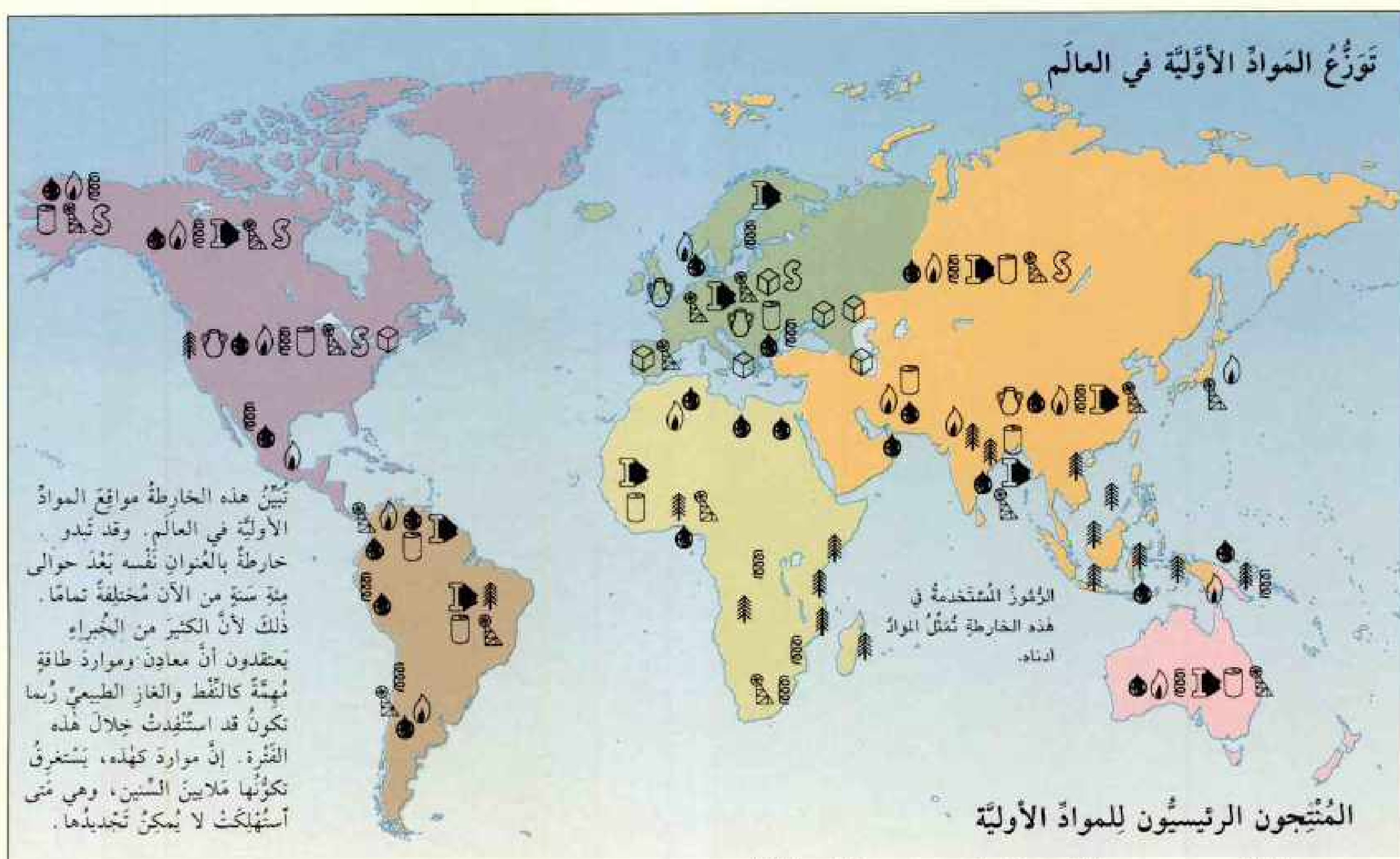
كَرْبُونات الصوديوم

كَرْبُوناتُ الصوديوم Na_2CO_3 (ص٢ ك أ٣) مُرَكَّبٌ كيماويٌّ صِناعيٌّ مُهِمٌّ يُحضَّرُ من حَجَرِ الجير ومِلح الطعام. ويُستخدَمُ أساسًا في صُنْع الزُّجاج بالإحماءِ مع حَجَرِ الجير والرَّمْل. والزُّجاجُ زَهيدُ تكاليفِ الإنتاجِ لأنَّ مَوادَّهُ الأوّليّةَ مُتوافِرةٌ بكثرة.



يُستخدَمُ رمادُ الصُّودا (كربوناتُ الصوديوم اللامائيّة) بصورةٍ رئيسيّةٍ في صُنْعِ الزُّجاج والكيماويّات والمُنظِّفات. وتُستخدَمُ كميّاتٌ أقلُّ منه في صُنْعِ موادَّ أُخرى.

تَوزُّعُ المَوادِّ الأَوَّليَّة في العالَم



تُبيِّنُ هذه الخارطةُ مواقِعَ الموادِّ الأوَّليَّةِ في العالَم. وقد تَبدو خارطةٌ بالعُنوانِ نَفْسه بَعْدَ حوالى مِئةِ سَنةٍ من الآنَ مُختلِفةً تمامًا. ذلكَ لأنَّ الكثيرَ من الخُبَراءِ يَعتقِدون أنَّ معادِنَ وموارِدَ طاقةٍ مُهِمَّةً كالنِّفْطِ والغازِ الطبيعيِّ رُبما تكونُ قد استُنْفِدتْ خِلالَ هٰذه الفَتْرة. إنَّ موارِدَ كهٰذه، يَستغرِقُ تكوُّنُها مَلايينَ السِّنين، وهي متى استُهْلِكَتْ لا يُمكِنُ تَجديدُها.

المُنْتِجون الرئيسيُّون لِلموادِّ الأوليَّة

المادّة	المُنْتِجون الرئيسيُّون	المَجْموعُ العالميّ
البوكْسيت (اكسيد الالومنْيوم)	أستراليا ٣٧,٤ مليون طُنّ غينْيا ١٦,٥ مليون طُنّ	١٠٦٤ مليون طُنّ
الفَحْمُ الحجَريّ	الصين ١٠٥٤ مليون طُنّ الولايات المتحدة ٨٨٩ مليون طن	٥٨٨٣ مليون طُن
النُّحاس	الشيلي ١,٦ مليون طن الولايات المتحدة ١,٥ مليون طن	٩,٢ مليون طن
الغازُ الطبيعيّ	كومُونُولْث الدُّول المُستقِلّة * ٧٩٦٠٠٠ مليون م٣ الولايات المتحدة ٤٨٨٧٤٩ مليون م٣	٢١٠٠٠٠٠ مليون م٣
خامُ الحديد	كومُونُولْث الدُّول المُستقِلّة* ٢٤١ مليون طن الصين ١٦٥ مليون طن	٩٨٤ مليون طن
كاولين (طَفْل)	كومُونُولْث الدُّول المُستقِلّة* مليونا طن الجمهورية الكوريّة ١,٣ مليون طن	٢٣,١ مليون طن
النِّفْط	كومُونُولْث الدُّول المُستقِلّة* ٦٠٧ مليون طن الولايات المتحدة ٣٧٣ مليون طن المملكة العربيّةُ السعوديّة ٣٥٧ مليون طن	٢٩٨٧ مليون طن
مِلْحُ الطعام	الولايات المتحدة ٣٥,٥ مليون طن الصين ٢٨,٣ مليون طن	١٨٩ مليون طن
الكِبْريت	الولايات المتحدة ١١,٦ مليون طن الصين ٧,٤ مليون طن	٦٠,٣ مليون طن
الخَشَب	الولايات المتحدة ١١٠٩ مليون م٣ كومُونُولْث الدُّول المستقِلّة* ٨٦٢ مليون م٣	٧١٤٧ مليون م٣

* إتّحاد الجمهوريات السُّوفْياتيّة الإشتراكية سابقًا

اِستِخداماتُ الموادِّ الأوَّليَّة

الموادُّ الأوليّة	الاستخدامات
البُوكْسيت (اكسيد الالومنيوم)	اهمُّ مَصدرٍ للألومِنيْوم – الذي يُستخدَمُ في صِناعةِ الطائرات ورَقائقِ التغليف والسيّاراتِ والدِّهاناتِ والأواني المَطبَخيّة.
الفَحْمُ الحجَري	يتألَّفُ الفَحْمُ الحجريُّ بصُورةٍ رئيسيّة من الكَربون، ويُستخدَمُ وَقودًا لِتدفئةِ المَنازِلِ وتوليدِ الكَهْرباء.
النُّحاس	يُستخدَمُ النُّحاسُ في صُنْعِ الأسلاكِ والكُبُولِ المُوَصِّلةِ لِلكهرباء؛ وفي تَصنيعِ سِلْسِلةٍ من السَّبائكِ كالنحاسِ الأصفر.
الغازُ الطبيعيّ	يُستخدَمُ الغازُ الطبيعيُّ في صُنْعِ الامونيا؛ وفي المَنازِلِ يُستخدَمُ وَقودًا للتدفئةِ والطَّبْخ.
خامُ الحديد	يُستخدَمُ الحديدُ في تصنيعِ قِطَعِ مُحرِّكاتِ السيّارات والمَعابِطِ وفي صُنْعِ الفُولاذ. والفولاذُ أقوى من الحديد وأحَدُ الموادِّ الرئيسيّةِ في بناءِ الجُسورِ والمَباني الشاهِقة.
كاوُلين (طَفْل)	يُستخدَمُ الكاوُلين في صُنْعِ الطُّوبِ والإسمنْتِ لِبناءِ المَنازِل، والخَزَفيّاتِ لِصُنْعِ الفَخّار.
النِّفْط	يُستخدَمُ النِّفْطُ وَقُودًا لِمُحرِّكاتِ الطائراتِ والسيّاراتِ والمَصانِع، وفي صُنْعِ اللدائن.
مِلْحُ الطُّعام	يُستخدَمُ المِلْحُ تابِلًا لِلطعام، وفي صُنْعِ هِدْروكسيدِ الصوديوم (الصُّودا الكاوِية) وكربوناتِ الصوديوم.
الكِبْريت	يُستخدَمُ الكِبْريتُ في تحضيرِ حامضِ الكِبْريتيك، الذي يُستعمَلُ في تَصْنيعِ الدِّهاناتِ والمُنظِّفات واللدائنِ والألياف.
الخَشَب	يُستخدَمُ الخَشَبُ في بِناءِ المَنازِلِ وصُنْعِ الجِيزانِ (ج. جائِز) والابوابِ والاثاث؛ وهو ايضًا المادّةُ الاوليّةُ لِصُنْعِ الوَرَق.

القُوَى والطَّاقَة

مقاييسُ دَرجات الحرارة (التِّرْمُومِتْرات)

تقاسُ درجاتُ الحرارة بالتِّرْمُومِتْر (ميزانِ الحرارة) الذي يَقيسُ درجةَ حُمُوِّ أو بُرودةِ الأجسام أو الأشخاص. وكُلَّما ارتفعَتْ قِراءةُ المِقياس كانَ حُمُوُّ الجِسْم أكثَرَ. إذا كانت درجةُ حرارةِ جِسْمٍ ما دونَ درجةِ الصِّفر على مِقياس سِلْسِيُوس (وهي نقطةُ تجمُّدِ الماء) فتُقرأ كرَقمٍ سَلْبِيّ.

سِلْسِيُوس	فِرنْهَيت	كَلْفِن
١٠٠	٢١٢	٣٧٣
٩٠	١٩٤	٣٦٣
٨٠	١٧٦	٣٥٣
٧٠	١٥٨	٣٤٣
٦٠	١٤٠	٣٣٣
٥٠	١٢٢	٣٢٣
٤٠	١٠٤	٣١٣
٣٠	٨٦	٣٠٣
٢٠	٦٨	٢٩٣
١٠	٥٠	٢٨٣
٠	٣٢	٢٧٣
-١٠	١٤	٢٦٣
-٢٠	-٤	٢٥٣

درجةُ حرارة مَركز الشَّمس ١٤ مليون° س

يَغلي الماءُ على درجة ١٠٠° س (في ضَغطٍ عياري)

درجةُ الحرارة القُصوى التي يتحمَّلُها جِسْمُ الإنسانِ العاري ٧٤° س

درجةُ حرارة جِسْم الإنسان العاديّة ٣٧° س

درجةُ الحرارة الدُّنيا التي يتحمَّلُها جِسْمُ الإنسان العاري ١٠° س

درجةُ تجمُّد الماء صِفر (٠°) س

مُعادَلات القُوَّة والطَّاقة

تُستخدَمُ المُعادَلاتُ التالية عادةً في الفيزياء. إنَّ بعضَ الوَحداتِ المُستخدَمةِ في حِساب هذه المُعادَلاتِ واردٌ في جَداولِ وَحداتِ القِياس المِتري والإمبراطوري في الصَّفحة المُقابِلَة.




مُعدَّلُ السُّرعة (م/ث)	المسافةُ المَقطوعة (م) / الزَّمَن (ث)
القُوَّة (كغ م/ث² أو ن)	الكُتلة (كغ) × التسارُع (م/ث²)
التَّسارُع (م/ث²)	تغيُّرُ السُّرعة (م/ث) / الزَّمَن (ث)
كمّيَّةُ التحرُّك (كغ م/ث)	الكُتلة (كغ) × السُّرعة (م/ث)
الدَّفع (ن ث)	القُوَّة (ن) × الزَّمَن (ث)
الشُّغل (ن م أو جُول)	القُوَّة (ن) × المسافة المَقطوعة (م) باتِّجاه القُوَّة
مُعدَّلُ القُدْرة (جول/ث أو واط)	الشُّغل المبذول (ن م) / الزَّمَن (ث) أو تغيُّرُ الطاقة (جول) / الزَّمَن (ث)
الكِفاية (٪)	الشُّغلُ الناتج (ن م) × ١٠٠٪ / الشُّغل المَبذول (ن م)
الضَّغط (ن/م²)	القُوَّة (ن) / المِساحة (م²)
الكَثافة (كغ/م³)	الكُتلة (كغ) / الحَجْم (م³)

مفتاح الرموز: جول – جول، كغ – كيلوغرام، م – متر، ن – نيُوتن، ث – ثانية، واط – واط.

خَطُّ بِلِمْسُول

تَطفُو السُّفُنُ لأنَّ مُعدَّلَ كثافتِها أقلُّ من كَثافةِ الماء. ويُطلَى عادةً على جانبِ هَيكلِ السفينةِ علامةٌ تُدعى خَطَّ بِلِمْسُول يُبيِّنُ الحُمولةَ المأمونةَ القُصوَى. فإنْ غطَسَت السفينةُ إلى ما فوقَهُ تكونُ مُفرِطةَ الحُمولةِ.

تُشيرُ الأحرفُ على خَطِّ (أو خُطوط) بِلِمْسُول إلى مُستوياتِ الحُمولة المأمونة للسفينة، في المُناخات والبِحار المُختلِفة.

علامات بِلِمسول حسب سجلّ لويد

ماء عذب مداري TF

ماء عذب F

ماء ملح مداري T

ماء ملح صيفًا S

ماء ملح شتاءً W

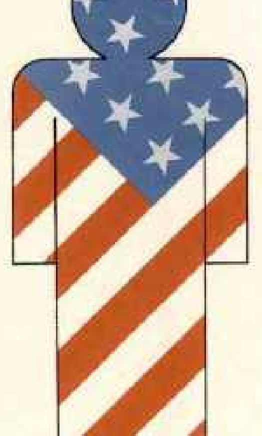
شتاء الأطلسي الشمالي WNA

L R

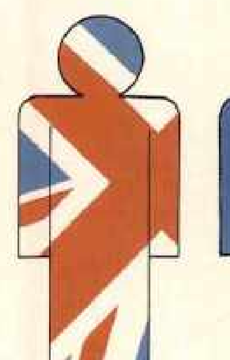
مُعَدَّلُ الاستِهلاكِ الطاقيِّ اليوميُّ لِلْفَرد

يُبيِّنُ المُخطَّطُ التالي مَدى اختِلافِ استِهلاكِ الشخص للطاقة يوميًّا من بَلَدٍ إلى آخر. الأرقامُ المُعطاةُ تشمَلُ مُختلِفَ مَصادرِ الطاقة – كالطعامِ والكهرباءِ والغازِ والبِترول بمُختلِفِ مُشتقّاته.

الاستِهلاكُ الطاقيُّ اليوميّ للفرد بالكيلوجُول

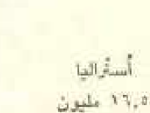


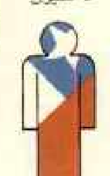
الولاياتُ المُتَّحدة ٢٤ مليون

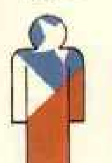


المَملكةُ المُتَّحدة ١٧,٥ مليون

أُستراليا ١٦,٥ مليون







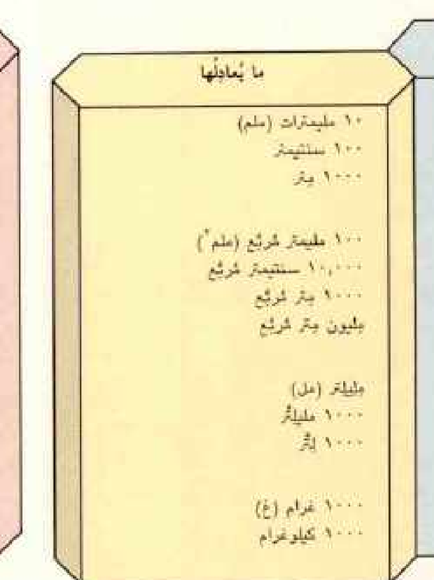
التشيلي ٤ مليون

الصِّين ٢,٥ مليون

الهِند ٠,٦ مليون

وَحَداتُ القياس (في النظامَيْن المِتْريّ والإمبراطوريّ)

وَحَداتُ القياس




الوَحَداتُ المِتْريّة	ما يُعادِلُها
الطول	
سنتيمتر (سم)	١٠ مليمترات (ملم)
متر (م)	١٠٠ سنتيمتر
كيلومتر (كم)	١٠٠٠ متر
المساحة	
سنتيمتر مُربّع (سم٢)	١٠٠ مليمتر مُربّع (ملم٢)
متر مُربّع (م٢)	١٠,٠٠٠ سنتيمتر مُربّع
هكتار	١٠٠٠٠ متر مُربّع
كيلومتر مُربّع	مليون متر مُربّع
الحَجْم	
سنتيمتر مُكعّب (سم٣)	مليلتر (مل)
لتر (ل)	١٠٠٠ مليلتر
متر مُكعّب (م٣)	١٠٠٠ لتر
الكُتلة	
كيلوغرام (كغ)	١٠٠٠ غرام (غ)
طُنّ (طن)	١٠٠٠ كيلوغرام

الوَحَداتُ الإمبراطوريّة	ما يُعادِلُها
الطول	
قدم	١٢ إنشًا أو بوصة (إنش)
يارْدة (يا)	٣ أقدام
ميل	١٧٦٠ يارْدة
المساحة	
قدمٌ مُربّعة (قدم٢)	١٤٤ إنشًا مُربّعًا (إنش٢)
يارْدة مُربّعة (يا٢)	٩ أقدام مُربّعة
فدّان	٤٨٤٠ يارْدة مُربّعة
ميلٌ مُربّع	٦٤٠ فدّانًا
الحَجْم	
پاينْت	٣٤,٦٨ إنش مُكعّب (إنش٣)
كوارْت	پاينتان
غالُون	٤ كُوارْتات
الكُتلة	
پاوند	١٦ أونْصة
طُنّ	٢٢٤٠ پاونْدًا

التحويلُ من وَحَدات مِتريّة إلى إمبراطوريّة



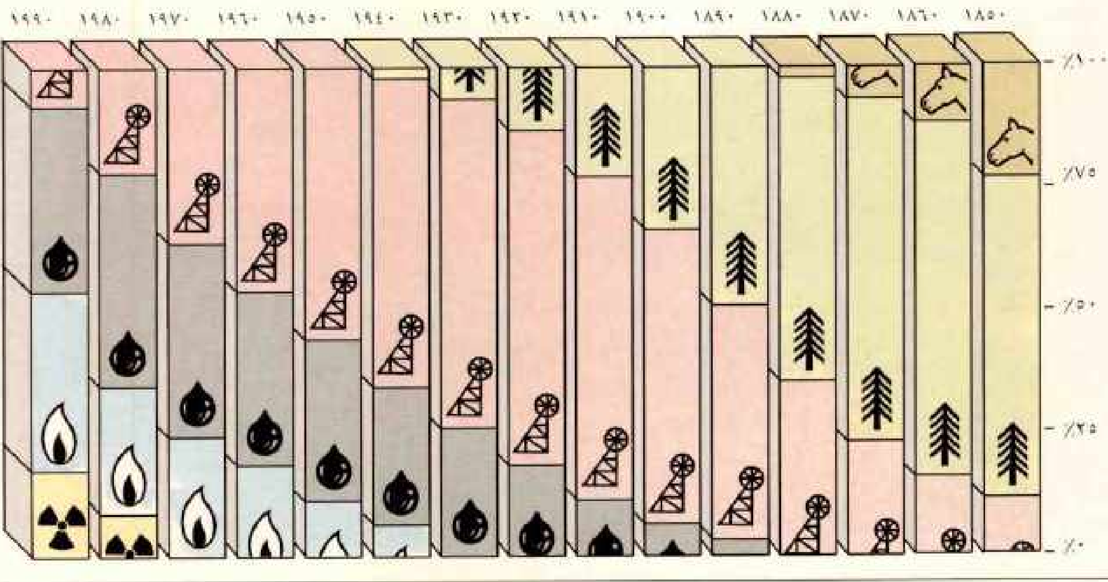
للتحويل من	إلى	إضْرِب في
الطول		
سنتيمترات	إنشات	٠,٣٩
أمتار	أقدام	٣,٢٨
كيلومترات	أميال	٠,٦٢
المساحة		
سنتيمترات مُربّعة	إنشات مُربّعة	٠,١٦
أمتار مُربّعة	أقدام مُربّعة	١٠,٧٦
هكتارات	فدادين	٢,٤٧
كيلومترات مُربّعة	أميال مُربّعة	٠,٣٩
الحَجْم		
سنتيمترات مُكعّبة	إنشات مُكعّبة	٠,٠٦١
لترات	پاينتات (إمبراطوريّة)	١,٧٦
لترات	غالونات (إمبراطوريّة)	٠,٢٢
الكُتلة		
غرامات	أونْصات	٠,٠٤
كيلوغرامات	پاونْدات	٢,٢٠
أطنان	أطنان (إمبراطوريّة)	٠,٩٨

التحويلُ من وَحَدات إمبراطوريّة إلى مِتريّة

للتحويل من	إلى	إضْرِب في
الطول		
إنشات	سنتيمترات	٢,٥٤
أقدام	أمتار	٠,٣٠
أميال	كيلومترات	١,٦١
المساحة		
إنشات مُربّعة	سنتيمترات مُربّعة	٦,٤٥
أقدام مُربّعة	أمتار مُربّعة	٠,٠٩
فدادين	هكتارات	٠,٤٠
أميال مُربّعة	كيلومترات مُربّعة	٢,٥٩
الحَجْم		
إنشات مُكعّبة	سنتيمترات مُكعّبة	١٦,٣٩
پاينتات (إمبراطوريّة)	لترات	٠,٥٧
غالونات (إمبراطوريّة)	لترات	٤,٥٥
الكُتلة		
أونْصات	غرامات	٢٨,٣٥
پاونْدات	كيلوغرامات	٠,٤٥
أطنان (إمبراطوريّة)	أطنان	١,٠٢

المَوارِدُ الطّاقيّة المُتغيِّرة

يُبيِّنُ المُخطّطُ التالي تَغيُّراتِ مواردِ الطاقةِ في العالَم مُنْذُ العام ١٨٥٠. ويَتّضِحُ بالرجوعِ إلى مِفتاحِ الرُّموزِ أدناه أنّ مواردَ الطاقةِ المُتزايدةَ الاستِخدام هي النّفْط والغازُ والطاقةُ النّوويّة.



مَصادِرُ القُدْرة

الكَهْرباءُ والمِغْنَطيسيَّة

الوَحداتُ الدَّوليَّة - جَدْولٌ بِرُموزِها

نِظامُ الوَحَداتِ الدَّوليَّةِ سِلْسِلةٌ من الوَحَدات المُتَّفَق عليها دوليًّا لِلاستخدام في الأغراضِ العلميَّة. والمُضاعفاتُ المُستخدمةُ، مع بعضِ الوَحَداتِ الكهربائيَّة في هذا النظام صِغَرًا أو كِبَرًا، تشمَلُ: بِيكو × ١٠$^{-١٢}$؛ مَيكرو μ × ١٠$^{-٦}$؛ مِلّي × ١٠$^{-٣}$؛ كِيلو × ١٠^{٣}؛ وَمِيغا × ١٠^{٦}.

الكميّة	الرّمز	الوَحْدة	الاختصار	التوضيح
فُلطيّة	ف	فُلْط	ف	تُنتِجُ البطاريَّةُ أو المُوَلِّدُ فُلطيَّةً وتَبعثُ تيّارًا كهربائيًّا في الدّارة. فَرْقُ الجُهد الذي مِقدارُه فُلْط يَدفَعُ تيّارًا مِقدارُه امبير عَبْرَ مُقاوَمةٍ بِمقدارِها أوم.
شِدَّةُ التيّار	ت	امبير	ا	التيّارُ هو دَفْقٌ من الجُسَيماتِ المَشحُونة (من الإلكترونات عادةً). فسَرَيان ٦ × ١٠ ^{١٨} إلكترون في الثانية يُساوي أمبيرًا واحدًا.
مُقاوَمة	م	أوم	أوم (Ω)	مُقاوَمةُ المُوَصِّل هي مِقْدارُ صَدِّه لِسَرَيان التيّار. وهذه المُقاوَمةُ تسَبِّبُ تَحَوُّلَ بعضِ الطاقةِ الكهربائيَّة إلى طاقةٍ حراريَّة.
طاقة	طا	جُول	جُول	يُستَهلَكُ جُولٌ من الطاقةِ الكهربائيَّة في الثانية عندما يَسْري تيّارٌ مِقْدارُه امبير عَبْرَ مُقاوَمةٍ مِقدارُها أوم.
قُدرة	قد	وَاط	واط	القُدرةُ هي مُعَدَّلُ الشُّغْلِ المَبذول أو الطاقةِ المُسْتَهلَكة. إنَّ قُدرةَ واط واحد تُساوي مُعَدَّلَ جُولٍ واحدٍ في الثانية.
كميّةُ الشَّحْنة الكهربائيّة	كـ	كُولوم	كل	الكولُوم وحدةُ قياس كميّةِ الشحنة الكهربائيّة. وهو يُساوي الشَّحْنةَ المَنقولة بواسطة تيّارٍ مِقدارُه امبير في ثانية.

التعبيرُ بالمُعادلات

المُعادلاتُ المُبيَّنةُ أدناه لا تَعني شيئًا بِحَدِّ ذاتِها؛ لكِنَّ كُلًّا منها يُمكِنُكَ من الحُصُول على ثلاثِ مُعادَلاتٍ - كُلٌّ واحدةٍ منها تُمَكِّنُكَ من احتساب إحدى الكَميَّاتِ الثلاث إذا كانَتِ اثنتانِ منها مَعْرُوفتَيْن. ولِلحُصُول على الجوابِ الصحيح يجِبُ التعبيرُ عن جميع الكَميّاتِ بِوَحَداتٍ من نِظامِ القياس نَفْسِه (كنِظام الوَحَداتِ الدَّولي).

$$١ = \frac{ا}{ب\ ج}$$

في التعابير التالية جميعِها، يُمكن فَصْلُ الكميّةِ المُرادِ احتسابُها؛ فيُصبِحُ لدَيك:

ا = ب ج؛ ب = $\frac{ا}{ج}$؛ ج = $\frac{ا}{ب}$

$$١ = \frac{\text{الشَّحنةُ الكهربائيّة}}{\text{شِدّة التيّار × الزّمن}}$$

$$١ = \frac{\text{الفُلطيّة}}{\text{شِدّة التيّار × المُقاوَمة}}$$

$$١ = \frac{\text{القُدرة (المُبَدَّدة في المُقاوَمة)}}{\text{الفُلطيّة × شِدّة التيّار}}$$

$$١ = \frac{\text{الطّاقة}}{\text{القُدرة × الزّمن}}$$

$$١ = \frac{\text{السرعةُ المَوجيّة}}{\text{التَّردُّد × الطول المَوجيّ}}$$

المُقَاوِماتُ الكهربائيَّة

تُستخدَمُ المُقاوِماتُ للتَّحَكُّم في سَرَيان التيّار في الدّارة؛ وتُقاسُ المُقاوَمةُ بالأوم (Ω). وتَظهَرُ قيمةُ المقاومةِ عادةً بالأوم (Ω) - مُبيَّنةً بثلاثةِ نُطُقٍ مُلَوَّنةٍ هي جُزءٌ من شَفْرةٍ لَوْنيَّةٍ خاصّة.

بَعضُ المُقاوِمات يَحْوي النِّطاقَيْن الرّابع والخامس:

٤ التَفاوتُ المَسموح: يُبَيِّنُ مَدى قُرْب مُقاوَمةِ المُقاوِم من القيمة المَرقومة عليه. مِثالُ ذلك، مُقاوِم ١٠٠ Ω ٢٪، يعني أنَّ مُقاوَمتَه تتراوح بين ٩٨ و ١٠٢ Ω.

٥ مُعامِلُ درجةِ الحرارة بأجزاءٍ من البليون لِكُلِّ درجة سِلْسيُوس (جـ/م/° س). هذا المُعامِلُ يُبَيِّنُ مِقْدارَ تغيُّرِ المُقاوَمة بِتَغَيُّرِ درجةِ الحرارة.

النُّطق اللونيَّة

١

٢

٣

شفرة الترميز	(أسود)	بني	أحمر	برتقالي	أصفر	أخضر	أزرق	بنفسجي	رمادي	أبيض	ذهبي	فضي
نطاق ١ الرقم الأول	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩		
نطاق ٢ الرقم الثاني	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩		
نطاق ٣ المُضاعِف	١	١٠	١٠٠	١٠٠٠	١٠٠٠٠	١٠٠٠٠٠	مليون	١٠ ملايين			٠٫١	٠٫٠١
نطاق ٤ التفاوت المسموح		٪١	٪٢			٪٠٫٥	٪٠٫٢٥	٪٠٫١			٪٥	٪١٠
نطاق ٥ مُعامل درجة الحرارة	٢٠٠ جـ/م/°س	١٠٠ جـ/م/°س	٥٠ جـ/م/°س	٢٥ جـ/م/°س	١٥ جـ/م/°س		١٠ جـ/م/°س	٥ جـ/م/°س	١ جـ/م/°س			

قِيَمُ المُقاومات

النُّطقُ الثلاثةُ الأولى هي أجزاءٌ من الشَّفرة اللَّونيَّة (المُبيَّنة أدناه). والحزّان الأوّلان يُبيِّنان العدَدَيْن الأوَّلَيْن من قِيَم مُقاوَمةِ المُقاوِم بالأوم. أمّا الحَزُّ الثالثُ فيُبَيِّنُ الكميَّةَ التي يجِبُ مُضاعَفةُ العدَدَيْن الأوَّلَيْن بها. (أي، عدد الأصفار المُضافة بَعْدَ هذه الأعداد).

٢٢٠٠٠٠٠ أوم (أو ٢,٢ ميغا Ω)

٢٤٠٠٠ أوم (أو ٢٤ كيلو Ω)

٧٥٠٠ أوم (أو ٧,٥ كيلو Ω)

٦٥٠ أوما

٧٠ أوما

٣٥ أوما

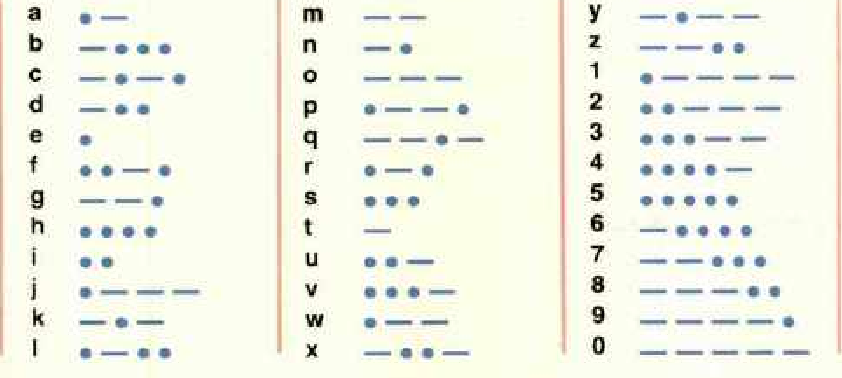
الرُّموزُ الكهربائيّة والإلكترونيّة

الرُّموزُ المُستخدَمةُ عادةً لِبَعضِ مُقوِّمات الدّارات الكهربائيّة والإلكترونيّة مُبيَّنةٌ أدناه. أحيانًا تُستخدَمُ رُموزٌ بَديلةٌ لِكثيرٍ من هذه المُقوِّمات، بِخاصّةٍ في الكُتبِ المَنشورةِ في بُلدانٍ مُختلِفة.

أمّيتر	فُلطميتر	مُقاوِم
مُقاومٌ مُتغيِّر	مُقاومٌ ضوئيّ الاعتماد	مُواسِع
مُكثِّف (مُواسِع) مُتغيِّر	دايودٌ ضوّاء	جَرَس
مِجْهار	مِكروفون	مِصباح
صُهيرة	مُحوِّل	بَطّاريّة
قُطبيّةٌ سالبة	قُطبيّةٌ مُوجِبة	مِقلاد (مفتاح)
هوائي	خُطوطُ المجال الكهربائي (مُوجِب)	خُطوطُ المجال الكهربائي (سالِب)
خُطوطُ المجال المِغنطيسيّ	ترانزِستور «س-م-س»	ترانزِستور «م-س-م»
عاكِسُ الطَّور (بوّابةُ لا)	بوّابةُ «أو» (دارة «أو»)	بوّابةُ «و»
دارةٌ كهربائيّةٌ مُتكامِلة	سِلكانِ غيرُ مَوصولَيْن	سِلكانِ مَوصولان

شَفْرةُ مُورْس

يُمكِنُ إرْسالُ الرسائلِ بِشَفرة مُورْس المُتَّفَقِ عليها دوليًّا والمُؤلَّفةِ من نُقَطٍ وشُرَطٍ تُمثِّلُ الحُروفَ والأرقامَ وسِماتٍ أُخرى.

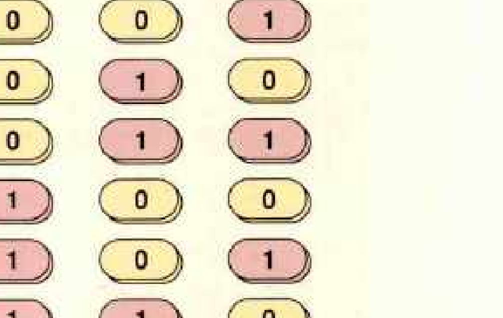


a	·–	m	––	y	–·––
b	–···	n	–·	z	––··
c	–·–·	o	–––	1	·––––
d	–··	p	·––·	2	··–––
e	·	q	––·–	3	···––
f	··–·	r	·–·	4	····–
g	––·	s	···	5	·····
h	····	t	–	6	–····
i	··	u	··–	7	––···
j	·–––	v	···–	8	–––··
k	–·–	w	·––	9	––––·
l	·–··	x	–··–	0	–––––

نِظامُ الترميزِ الثُّنائي

تَستَخدِمُ الحاسِباتُ الإلكترونيّةُ نِظامَ الترميزِ الثُّنائيِّ لِلأعدادِ، بالآحادِ والأصفارِ فقط 0 وَ 1، بِخلافِ النِّظامِ العَشْريّ، الذي يحوي عَشرةَ أرقامٍ، من صِفْرٍ (0) إلى تسعة (9). في النِّظامِ العَشْريّ، تُمثِّلُ الأعدادُ الطويلةُ (من اليَمينِ إلى اليَسار) الآحاد، العَشَرات، المِئات، الأُلوف، وهكذا دَوالَيك. أمّا في النِّظامِ الثُّنائي، فتُمثِّلُ الأعدادُ الطويلةُ الآحاد، الاثنيّات، الأربعات، الثمانيّات، وهكذا دَوالَيك.





الأعدادُ العَشريّة				الأعدادُ الثُّنائيّة	
8	4	2	1	10	1
0	0	0	0		0
0	0	0	1		1
0	0	1	0		2
0	0	1	1		3
0	1	0	0		4
0	1	0	1		5
0	1	1	0		6
0	1	1	1		7
1	0	0	0		8
1	0	0	1		9
1	0	1	0	1	0
1	0	1	1	1	1
1	1	0	0	1	2
1	1	0	1	1	3
1	1	1	0	1	4
1	1	1	1	1	5

الصَّوتُ والضَّوء

الطَّيْفُ الكهرمِغْنَطيسِيّ

الضوءُ الذي يُمكِنُ مُشاهدتُه هو نَمَطٌ واحدٌ من الإشعاع الكَهرمغنَطيسِيّ الذي يَضُمّ أنماطَ إشعاعٍ عديدةً أُخرى (كما هو مُبيَّنٌ أدناه) تَنتقِلُ أمواجُها بالسُّرعة نَفْسِها، لكِنّ أطوالَها المَوجيّةَ مُختلفةٌ.

الطُّول المَوجيّ (م)	نَمَط الإشعاع	أشياءُ يُمكِنُ كَشفُها	المَصْدَر
10^{4}	أمواجٌ راديويّة	مَنزِل	مُرْسِلٌ راديويّ
10^{2}	أمواجٌ راديويّة	مَلْفوفة	مُرسِلٌ تلفزيونيّ
1	أمواجٌ صُغْريّة		
10^{-2}	أمواجٌ صُغْريّة	ذُبابة	فُرْنُ الأمواج الصُّغْريّة
10^{-4}	أشِعّة تحتَ الحمراء / الطَّيف المَرئيّ	خليّة	سخّانٌ بالأشِعّة تحت الحمراء
10^{-6}	أشِعّة فوقَ البَنفسجيّة	بروتين	مصباح الأشِعّة فوق البنفسجيّة
10^{-8}	أشِعّة سينيّة (أشِعّة إكس)	جُزَيء	
10^{-10}	أشِعّة سينيّة (أشِعّة إكس)	ذرّة	مكنة أشِعّة إكس
10^{-12}	أشِعّة جيمّيّة (أشِعّة جاما)	نَواة	
10^{-14}	أشِعّة جيمّيّة (أشِعّة جاما)	بروتون / كُوارْكات	تفجيرٌ نَوويّ

أطوالٌ موجيّةٌ طويلة

أطوالٌ موجيّةٌ قصيرة

المُعادَلةُ المَوجيّة

سَعَةُ المَوجة هي ارتفاعُ ذُروَتِها (أو انخفاضُ بَطْنِها) عن خَطّ الصِّفر. والطُّولُ المَوجيُّ هو المَسافةُ بين ذُروتَيْن مُتتاليتَيْن، والتَّردُّد هو عددُ الذبذبات (أو التموُّجات) في الثانية.

تَردُّدٌ خَفيض — طُولٌ مَوجيٌّ طويل

تَردُّدٌ عالٍ — طُولٌ مَوجيٌّ قصير

المُعادلةُ المَوجيّة

السُّرعةُ المَوجيّة (م/ث) = التَّردُّد (هِرْتز) × الطُّول المَوجيّ (م)

التَّعريضُ الفُوتُوغرافيّ

يَتِمُّ تَحديدُ فترةِ التَّعريض بالتوفيقِ بين سُرعةِ الغَلْق وقُطرِ الفُتْحة. لكن يُمكِنُ الحُصولُ على التَّعريض الصحيح، في ظُروفٍ ضَوئيّةٍ مُتباينة، بتَغيير الفُتْحة، مع بَقاء سُرعة الغَلْق ثابتةً على ١/ ٢٥٠ بفيلم ٢٠٠ آزا (وَحدةُ الجمعيّةِ الأمريكيّةِ للمقاييس).

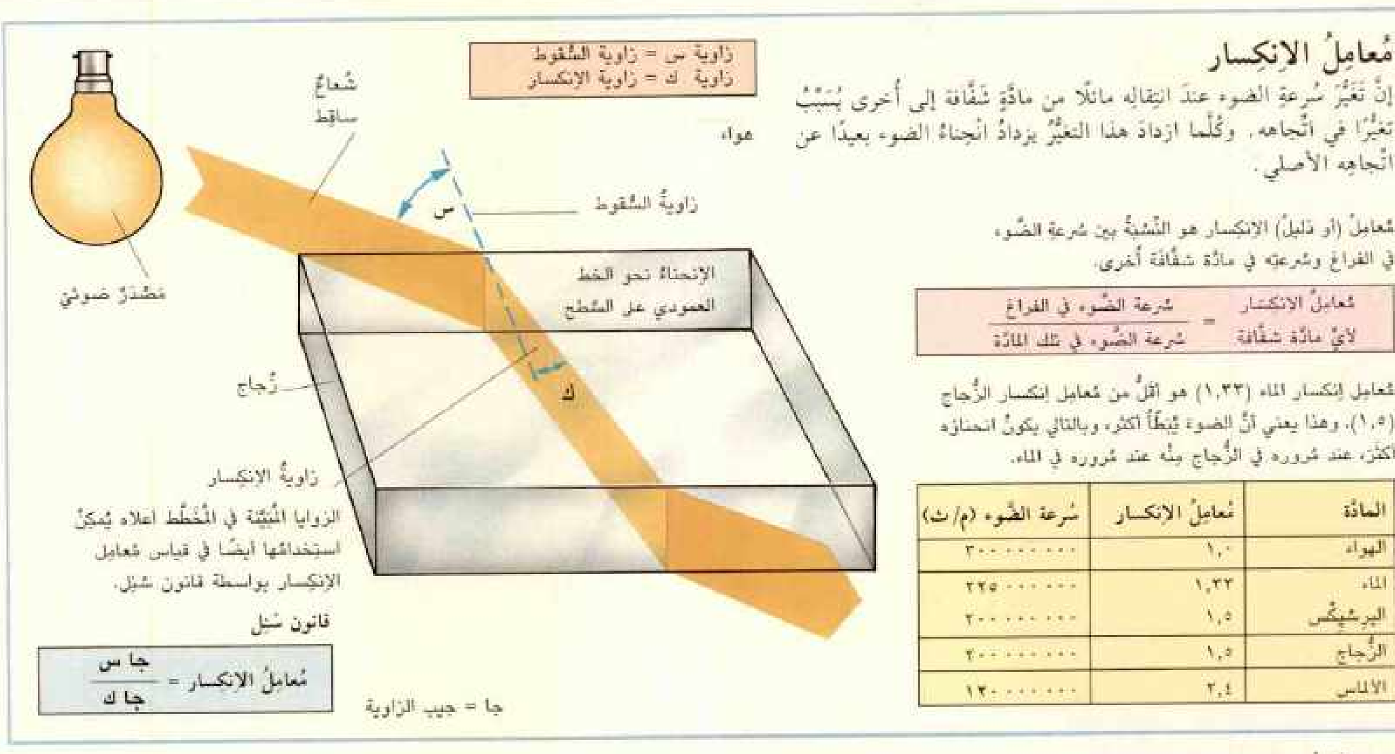
(ف = البعد البؤري / قُطر فتحة العدسة)

الظروف	الفتحة	النتيجة
نُورُ الشَّمس ساطِع	ف١٦	تَعريضٌ صَحيح
جَوٌّ غائم جُزئيًّا	ف٨	تَعريضٌ صَحيح
الشيءُ المُصوَّرُ في الظِّلّ	ف٥,٦	تَعريضٌ صَحيح
جَوٌّ غائمٌ جدًّا	ف٤	تَعريضٌ صَحيح

* إذا قَلَّ الرقم البؤري (ف) تزدادُ فُتحةُ (أو كُوّةُ) العدسة اتّساعًا

مُعامِلُ الإنكِسار

إنَّ تَغَيُّرَ سُرعةِ الضوء عندَ انتِقالِه مائلًا من مادَّةٍ شَفّافة إلى أُخرى يُسَبِّبُ تَغَيُّرًا في اتِّجاهه. وكُلَّما ازدادَ هذا التغَيُّرُ يزدادُ انْحِناءُ الضوء بعيدًا عن اتِّجاهِه الأصلي.



الزوايا المُبيَّنة في المُخَطَّط اعلاه يُمكِنُ استِخدامُها أيضًا في قياس مُعامِل الإنكِسار بواسطة قانون سْنِل.

قانون سْنِل

$$\text{مُعامِلُ الانكسار} = \frac{\text{جا س}}{\text{جا ك}}$$

جا = جيب الزاوية

مُعامِلُ (أو دليلُ) الإنكِسار هو النِّسْبةُ بين سُرعةِ الضَّوء في الفراغ وسُرعتِه في مادَّة شفّافة أُخرى.

$$\text{مُعامِلُ الانكسار لأيِّ مادَّة شفّافة} = \frac{\text{سُرعة الضَّوء في الفراغ}}{\text{سُرعة الضَّوء في تلك المادَّة}}$$

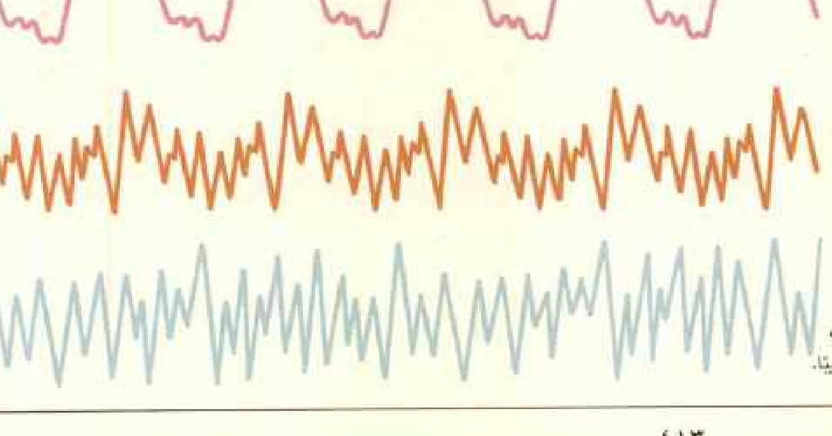
مُعامِل إنكسار الماء (١,٣٣) هو أقلُّ من مُعامِل إنكسار الزُّجاج (١,٥). وهذا يعني أنَّ الضوء يُبطِئُ أكثر، وبالتالي يكونُ انحناؤه أكثر، عند مُروره في الزُّجاج مِنْه عند مُروره في الماء.

المادَّة	مُعامِلُ الانكسار	سُرعة الضَّوء (م/ث)
الهواء	١,٠	٣٠٠٠٠٠٠٠٠
الماء	١,٣٣	٢٢٥٠٠٠٠٠٠
البرسْپِكْس	١,٥	٢٠٠٠٠٠٠٠٠
الزُّجاج	١,٥	٢٠٠٠٠٠٠٠٠
الالماس	٢,٤	١٢٠٠٠٠٠٠٠

مَدَى التَّردُّد لِآلاتٍ مُوسيقيَّة

تُصدِرُ كلُّ الآلات صوتًا بِجَعْلِ شيءٍ يتذبذبُ أو يهتزُّ فيها. هذه الاهتزازاتُ تَبْعثُ، في الهواء، الأمواجَ الصوتيَّةَ التي تَنْتَقِلُ إلى آذانِنا مُحدِثةً تغيُّراتٍ سريعةً في ضَغْطِ الهواء مُتَساوِقةً مع ذَبذَبة الآلة.

وتتبايَنُ أنماطُ التغيُّراتِ الضغطيَّةِ لكُلِّ آلةٍ تَبَعًا لِنوعيَّتِها وخصائصِها الطبيعيَّة. وتُمثَّلُ هذه الأنماطُ بخطوطٍ مُنْحَنِيَةٍ أو مُشَرشَرةٍ (كالمُبيَّنةِ أدناه) تُدعى أشكالًا مَوجيَّة.



الشَّوكةُ الرَّنّانة

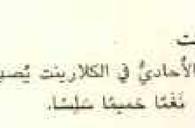
الشَّوكةُ الرَّنّانةُ تُصْدِرُ نَغْمةً نَقيَّةً أحاديَّةَ التَّرَدُّد؛ فيما تُصْدِرُ الآلاتُ الأخرى، غالبًا، عِدَّةَ تردُّداتٍ في الوقت نَفْسِه مُؤَلِّفةً شكلًا موجيًّا مُعقَّدًا.

الفلُوت

الصَّوتُ السَّلِسُ النَّقيُّ لِلفلُوت يَبينُ بالانعطافاتِ السَّلِسَةِ التقوُّسِ في شَكلِها الموجيِّ المُنتظِم.

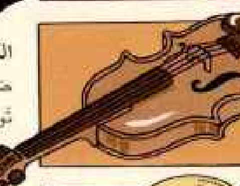
المِزْمار

الأصواتُ الغَنيَّةُ الصّادِرةُ عن الآلاتِ ذاتِ الألسنةِ، كالمِزْمار، تَضُمُّ تردُّداتٍ عديدةً أكثرَ بكثيرٍ من الأصواتِ الصافيةِ الصادرةِ عن الفلُوت.



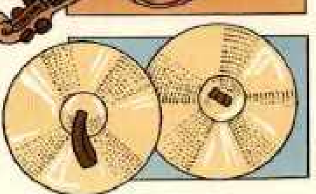
الكلارِنيت

اللسانُ الأُحاديُّ في الكلارِنيت يُصدِرُ نَغَمًا خَميلًا سَلِسًا.



الكَمان

صوتُ الكَمانِ البَهيجُ الشَّبِعُ يَضُمُّ عِدَّةَ تَوافُقيّاتٍ عاليةِ التَّردُّد تُؤلِّفُ شكلًا موجيًّا حادَّ الشَّرْشَرة.



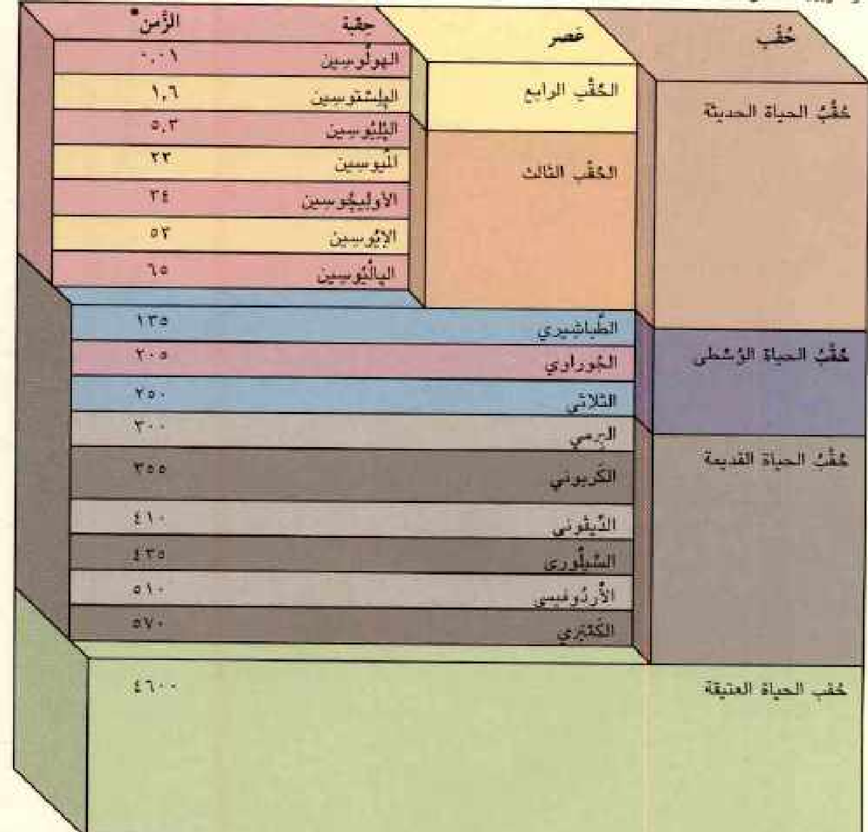
الصَّنْج

الصَّوتُ الصَّدْميُّ لِلصَّنْجِ يُماثِلُ نَمَطًا موجيًّا مُشَرشَرًا غيرَ مُنتظِم، يَعلو ويَهْبِطُ بشكلٍ عشوائيٍّ تقريبًا.

الأَرْض

جَدولُ الأَزْمِنة الجيُولوجيَّة

هذا الجدولُ يُوجِزُ تاريخَ الأرض الذي يُحْتَسَبُ بِدراسةِ العُصور التي تَكَوَّنَتْ فيها طَبَقاتُ الصخور الرُّسوبيَّةِ المُتنوِّعة.



حُقُب	عَصر	حِقبة	الزَّمن*
حُقُبُ الحياة الحديثة	الحُقُب الرابع	الهولُوسين	٠،٠١
		البِلِستوسين	١،٦
	الحُقُب الثالث	البْلِيُوسين	٥،٣
		المْيُوسين	٢٣
		الأُولِيغُوسين	٣٤
		الإيُوسين	٥٣
		البالْيُوسين	٦٥
حُقُبُ الحياة الوُسْطى	الطَّباشيري		١٣٥
	الجُوراوي		٢٠٥
	الثلاثي		٢٥٠
حُقُبُ الحياة القديمة	البِرمي		٣٠٠
	الكَرْبوني		٣٥٥
	الدِّيفُوني		٤١٠
	السِّيلُوري		٤٣٥
	الأُرْدُوفيسي		٥١٠
	الكَمْبْري		٥٧٠
حُقب الحياة العتيقة			٤٦٠٠

* الزَّمنُ بِمَلايينِ السِّنينَ قَبلَ العَصرِ الحاضِر.

خُطوطُ الطُّولِ والعَرض

يَقَعُ خطُّ الاستِواء على خَطِّ العَرْض صِفر. ويَمُرُّ خطُّ الطُّول الصِّفريّ بِمدينة غْرينتش قُربَ لَندن، بإنكلترا. وتُحْتَسَبُ مَواقِعُ الأمكِنةِ بِدَرجاتِ العَرْض والطُّول؛ وتُقسَمُ كُلُّ درجةٍ إلى ٦٠ دقيقة.

بِنْيَةُ الأرض

تَشمَلُ بِنْيَةُ الأرضِ أربعَ طبقات. الطبقةُ الخارجيَّة، أو القِشْرةُ، تتألَّفُ من أنماطٍ صخريَّة مُختلِفة كالبازَلْت والغرانيت. والدِّثارُ أيضًا يَضُمُّ صخورًا لكنَّها أثقلُ وأكثرُ قَتامةً من صُخورِ القِشْرة. أمّا اللُّبُّ الخارجيُّ فسائلٌ القِوام يُعتقَدُ أنّه يحوي الحديدَ والكبريتَ والسِّليكون في حالةِ السُّيولة؛ في حين يُرَجَّحُ أنَّ اللُّبَّ الداخليَّ يحوي الحديدَ جامدًا.

دَليلُ الألوان

- القِشْرة
- الدِّثار العُلْوي
- مِنطقةُ تحوُّل
- الدِّثار
- اللُّبّ الخارجيّ
- اللُّبّ

العمق (كم)	الضغط (ك بار)	الكثافة (كغ/ م³)	درجة الحرارة (°س)
٥٠	١٠٠	٣٠٠٠	٥٠٠
٤٠٠	١٥٠	٣٥٠٠	١٧٥٠
١٠٠٠	٣٢٥	٤٥٠٠	٢٠٠٠
٢٩٠٠	١٣٢٥	١٠٠٠٠	٣٠٠٠
٥١٠٠	٣٣٠٠	١٢١٠٠	٣٦٠٠
٦٣٠٠	٣٧٥٠	١٢١٠٠	٤٠٠٠

مِقياسُ «مُوهْز» لِلصَّلادة

إبتكرَ عالِمُ المعادِنِ الألمانيُّ، فريدريخ مُوهْز، جَدْوَلًا مِعياريًّا لِقياس الصَّلادةِ بالمُقارنةِ مع صَلادةِ عَشَرة مَعادِنَ مُختارةٍ. تزدادُ صَلادةُ المَعدِنِ بازديادِ رَقْمِ صَلادَته – أي إنَّ كُلَّ مَعدِنٍ يَخدِشُ المعادِنَ ذاتَ الأرقامِ الأقلِّ من رَقْمِ صَلادَته.

- صَلادةُ الظُّفر حوالى ٢,٥
- صَلادةُ قِطعةِ نَقْدٍ نُحاسيّةٍ ٥,٥
- صَلادةُ المِطواة ٥,٥ (فتستطيعُ خَدْشَ الاباتَيْت وليس الأرثوكلاز).

١ الطَّلْق
٢ الجِبْس
٣ الكلسَيْت
٤ الفلُورَيْت
٥ الاباتَيْت
٦ الأرثوكلاز
٧ الكُوارتز
٨ التُّوباز
٩ الكورَنْدم
١٠ الألماس

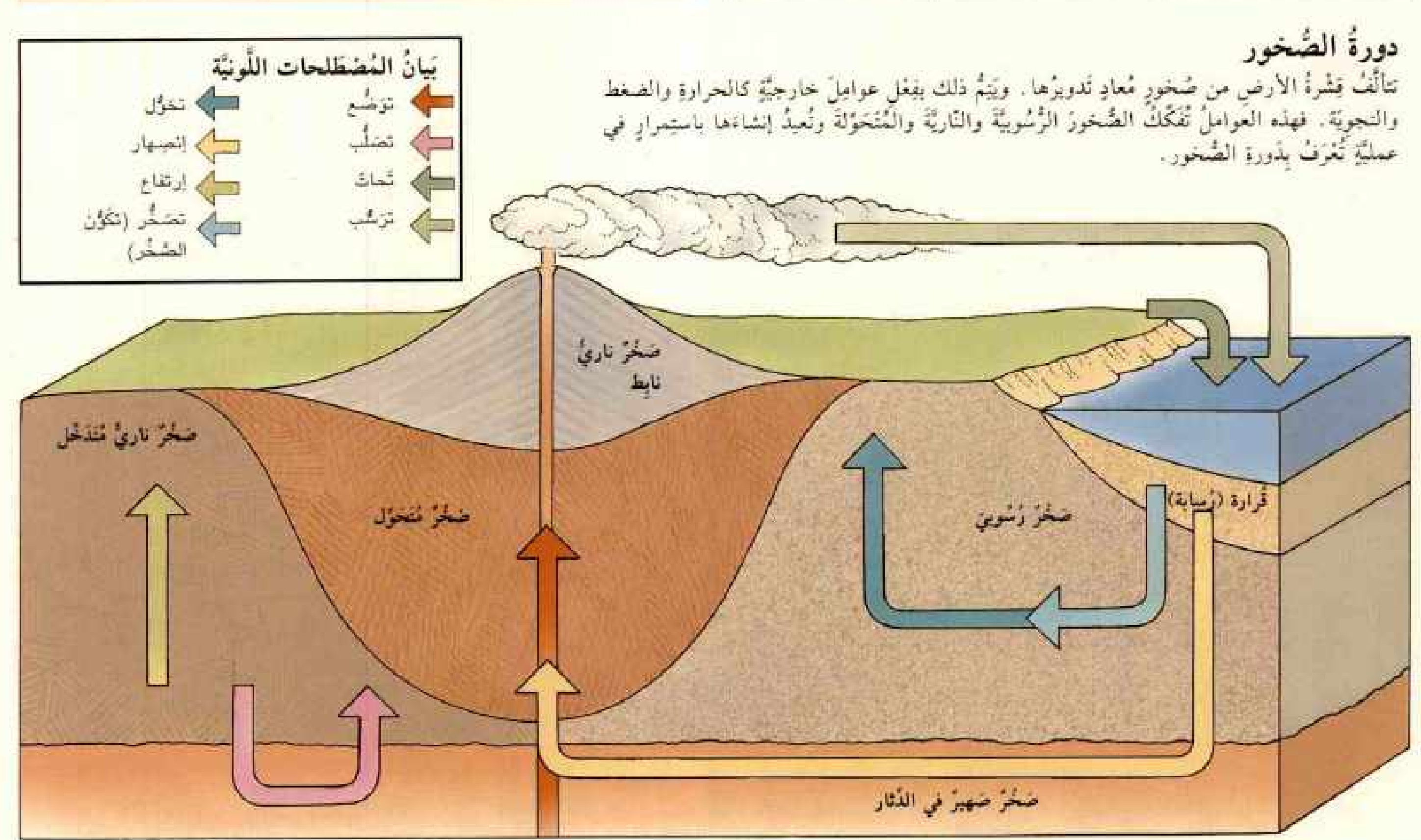
الصُّخورُ الشائعة

الصُّخورُ التي تؤلِّفُ الأرضَ إمّا ناريّةٌ (بُركانيّة) أو رُسُوبيّة أو مُتحوِّلة. تنشأُ الصخورُ الناريّةُ من تصلُّبِ الصُّهارة (الصخرِ المُنْصَهِر). وتتشكَّلُ الصُّخورُ الرُّسُوبيّةُ من كُسارةِ الصخرِ والرَّملِ والغِرْيَنِ المُلتحِمةِ بضغطِ الطبقاتِ فوقَها. وتتكوَّنُ الصخورُ المُتحوِّلةُ بتغيُّرِ المُحتَوى المعدنيِّ لِلصَّخرِ بتأثيرِ الحرارةِ والضغط. وفي ما يلي عَشَرةُ أمثلةٍ شائعةٍ من كُلِّ نوع:

ناريّ	رُسُوبيّ	مُتحوِّل
غُرانيت	حجرٌ جيريّ	أردواز
أسواني	دولُوميت	فيلِّلَيْت
چابرو	حجرٌ رمليّ	شِسْت
دولِرَيْت	كُونْجلُومِرات (رَصيص)	نايِس
بازَلْت	بَرْشيا (بَريشة)	هورنفِلْس (صخورٌ قَرنيّة)
انديزَيت	رُسابةُ البَحْر (اِڤابُورَيْت)	رُخام
سَبَجي (أُبسيدي)	حجرٌ غِرْيَني	كوارْتْزَيْت (مَرْويت)
دْيُورَيت	حجرٌ طينيّ	مِيجماتَيْت
صَخر بُورفيري (شَظاقي)	طَفَل (طينٌ صفحي مُتحجِّر)	امفيبُولَيْت (الحاثرات)
رَيُولَيْت	صَلصال	تاكْتَيْت

دورةُ الصُّخور

تتألَّفُ قِشْرةُ الأرضِ من صُخورٍ مُعادٍ تَدويرُها. ويَتِمُّ ذلك بِفِعْلِ عواملَ خارجيّةٍ كالحرارةِ والضغط والتجوية. فهذه العواملُ تُفكِّكُ الصُّخورَ الرُّسُوبيّةَ والنّاريّةَ والمُتحوِّلةَ وتُعيدُ إنشاءَها باستمرارٍ في عمليّةٍ تُعرَفُ بِدَورةِ الصُّخور.





الطَّقْس

مُنَظَّمةُ الأرصاد العالميّة

تتألّفُ مُنَظَّمةُ الأرصاد العالميّة من شبكةٍ تَضُمُّ قُرابةَ ١٠،٠٠٠ مَحطةِ أرصادٍ جوِّيّة دائمةٍ في سائرِ أنحاء العالم. وتتوالى التقاريرُ من هذه المحطاتِ تلفونيًّا كُلَّ ثلاثِ ساعات (تُدعى ساعاتِ الرَّصْد الآني) إلى ثلاثةَ عشرَ مَركزًا رئيسيًّا لِرَصْدِ الطَّقْس تظهَرُ على خريطةِ العالَمِ المُبيَّنة جانبًا. وتقومُ هذه المراكزُ بتَحويلِ المَعلوماتِ التي تصِلُها عن الطَّقْس باستِمرارٍ إلى جميع بُلدانِ العالَم لِتُعِدَّ نَشراتِها وتنبُّؤاتِها الجويّةَ.

أحوالٌ جوِّيّة قُصوى

يُبيِّن الجدول التالي الأحوالَ الجوية القُصوى المُسَجَّلة حولَ العالم. الظُّروفُ القُصوى هي في بعضِ الأماكن جُزءٌ من النمط المُعتاد في تلك الأصقاع. وفي أماكن أُخرى تقطَعُ ظروفٌ، كالفَيضانات أو الجفاف، النَّمطَ المُعتاد.

تساقُط الثّلجِ الأعظم
(في ١٢ شهرًا) ٣١١٠٢ ملم، من ١٩٧١/٢/١٩ إلى ١٩٧٢/٢/١٨؛ وذلك في پَرَدَيْس، جبل ريْنِير في ولاية واشنطن، بالولايات المتحدة.



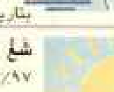
تَهطالُ المَطَر الأعظم
(في ٢٤ ساعة) ١٨٧٠ ملم، من ٣/١٥ إلى ١٩٥٢/٣/١٦، في سيلاوس، ريُنْيُون، بالمحيط الهندي.



فترةُ الجفافِ القُصوى
(مُعدّل المَطَر السّنوي) صِفْر في صحراء أتكاما، قُربَ كالاما، بالشّيلي. إستمرَّ الجفافُ ٤٠٠ سنة حتّى عام ١٩٧٢.



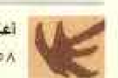
أعلى سُرعة ريحٍ سطحيّة
٣٧١ كم/سا، على جبل واشنطن (ارتفاعه ١٩١٦م) في نْيوهامْپْشير، بالولايات المتحدة بتاريخ ١٩٣٤/٤/١٢.



سُطوعُ الشَّمسِ الأقصى
٩٧٪ (الأكثر من ٤٣٠٠ ساعة) في الصّحراء الشّرقيّة.



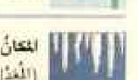
سُطوعُ الشَّمسِ الأدنى
صِفْر، في القُطْبِ الشّمالي، حيث يستمِرُّ فصْلُ الشّتاء ١٨٢ يومًا.



أعلى درجة حرارة في الظّلّ
٥٨°س، في العزيزيّة (ارتفاعها ١١١م)، ليبيا في ١٩٢٢/٩/١٣.



المكانُ الأشدُّ حرارةً
(المُعدّل السّنوي) ٣٤،٤°س في دَلّول، الحبشة.



المكانُ الأكثرُ برودةً
(المُعدّل المقيسُ الأبرد) − ٨٩° س في محطة ڤوستوك، في القارّة القُطْبيّة الجنوبيّة.



الأيامُ المَطيرةُ الأكثر
(في السّنة) حتّى ٣٥٠ يومًا في السّنة، في جبل واي إيلالي (ارتفاعه ١٥٦٩م) في كاوناي، هاواي.



المكانُ الأعصفُ رياحًا
تبلُغ سُرعةُ العواصف ٣٢٠ كم/سا، في خليج الكومَنْوِلْث، ساحل جورج الخامس، القارّة القُطْبيّة الجنوبيّة.

رُموزُ خرائط الطَّقْس

يَستخدِمُ الأرصاديُّون قائمةً من الرُّموزِ لِتِبيان الطَّقْس وسُرعةِ الرِّياح. والرُّموزُ المُبيَّنةُ أدناه مُعتَمَدةٌ عالميًّا. فمتى رُسِمَتْ على خرائط الطَّقْس فإنّها تُوفِّرُ مَعلوماتٍ أساسيّةً تُستخدَمُ في إعدادِ نشَراتِ وتنبُّؤاتِ الأحوالِ الجويّة. ويَستخدِمُ مُذيعو نَشَراتِ الأحوالِ الجويّة التّلفزيونيّة نُسَخًا مُبسَّطةً من هذه الرُّموز.

شابُورة (ضَبابٌ خفيف)	ضَباب	رَذاذ
مَطَر	مَطَر ورَذاذ	مَطَر وثَلج
ثَلج	وابِلُ مطَر	مطَرٌ ووابِل ثَلج
وابِلُ ثَلج	وابِلُ بَرَد	عاصِفةٌ رَعْديّة
جَبْهةٌ باردة	جَبْهةٌ دافئة	جَبْهةٌ مُرْتَجّة

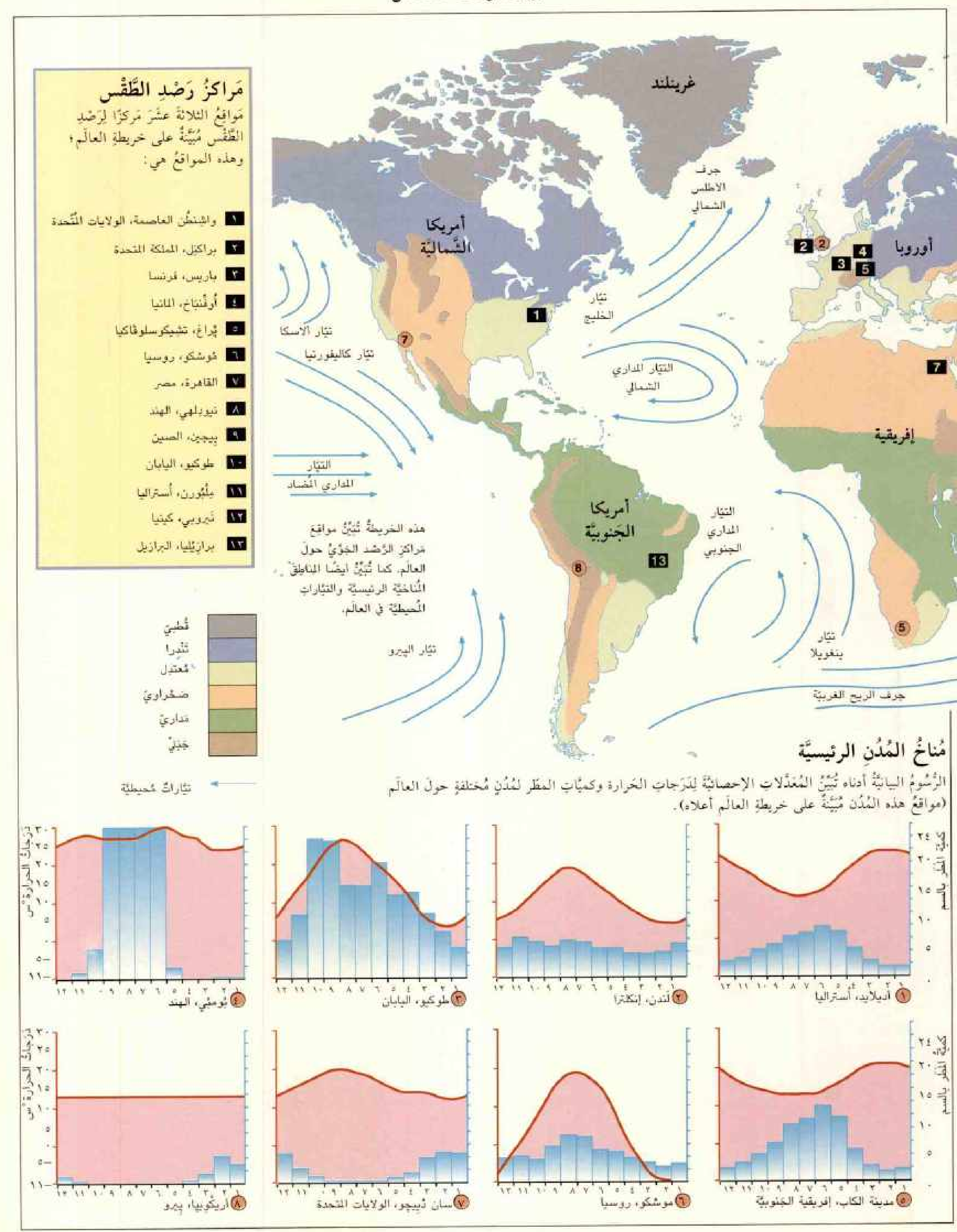
رياحٌ من الخفيفة إلى العاصفة
هادىء — نَوْء (إعصار)

قراءة خرائط الطَّقْس

ضَغْط الهواء: ١٠١٨ مِلِّيبار
درجة الحرارة: ٧°س
الطَّقْس حاليًّا: أمطارٌ غزيرة مُستمِرة
مَدى الرؤية: ٢،٥ كم
نُقطة النّدى: ٦° س
سَحابٌ طَبَقي
الغِطاءُ الغَيْمي تامّ
قاعِدةُ الغَيم: ٤٠٠م
مَطَر في الساعة الماضية
هبطَ الضغطُ ٢،٧ ملّيبار في الـ ٣ ساعات الأخيرة

١٨٠
٠٧
٢٥
٠٦
٨/١٢
٢٧٨

أسْهُمُ الرّيح تُشيرُ إلى اتّجاه مَهبِّ الرّيح. ريحٌ شماليّة شرقيّة مُعتدلة. الرّيشاتُ على الأسهم تُبيِّنُ سُرعةَ الرّيح بحيث إنّ كُلَّ نِصف علامة يساوي ٩،٥ كم/سا وكُلُّ علامةٍ كاملة تساوي ١٩ كم/سا.



مَراكزُ رَصْدِ الطَّقْس
مَواقِعُ الثلاثةَ عشَرَ مَركزًا لِرَصْدِ الطَّقْسِ مُبيَّنةٌ على خريطةِ العالَم، وهذه المواقعُ هي:
١ واشِنطُن العاصمة، الولايات المُتّحدة
٢ براكنِل، المملكة المتحدة
٣ باريس، فرنسا
٤ أُوفِنباخ، ألمانيا
٥ بْراغ، تشيكوسلوفاكيا
٦ مُوسْكو، روسيا
٧ القاهرة، مصر
٨ نيوديلهي، الهند
٩ بيجين، الصين
١٠ طوكيو، اليابان
١١ مِلْبُورن، أستراليا
١٢ نَيروبي، كينيا
١٣ برازِيْليا، البرازيل
قُطبيّ
تُنْدرا
مُعتدِل
صَحْراويّ
مَداريّ
جَبَليّ
تيّاراتٌ مُحيطيّة
هذه الخريطةُ تُبيِّنُ مواقعَ مَراكزِ الرَّصْدِ الجَوِّيِّ حولَ العالَم. كما تُبيِّنُ أيضًا المَناطِقَ المُناخيّةَ الرئيسيّةَ والتيّاراتِ المُحيطيّةَ في العالَم.
غرينلند
أمريكا الشَّماليّة
أمريكا الجَنوبيّة
أوروبا
إفريقيّة
جرف الاطلس الشمالي
تيّار الخليج
تيّار ألاسكا
تيّار كاليفورنيا
التيّار المداري الشمالي
التيّار المداري المُضاد
التيّار المداري الجنوبي
تيّار البيرو
تيّار بنغويلا
جرف الريح الغربيّة
مُناخُ المُدُنِ الرئيسيَّة
الرُّسُومُ البيانيّةُ أدناه تُبيِّنُ المُعَدَّلاتِ الإحصائيّةَ لِدَرَجاتِ الحَرارة وكميّاتِ المطَر لمُدُنٍ مُختلفةٍ حولَ العالَم (مواقِعُ هذه المُدُن مُبيَّنةٌ على خريطةِ العالَم أعلاه).
دَرَجاتُ الحرارة °س
كميّةُ المطَر بالسم
١ أديلايد، أستراليا
٢ لندن، إنكلترا
٣ طوكيو، اليابان
٤ بُومبي، الهند
٥ مدينة الكاب، إفريقية الجنوبيّة
٦ موسكو، روسيا
٧ سان دييجو، الولايات المتحدة
٨ أريكويبا، بيرو

الفَضَاء

الشَّمْس

الشَّمْسُ أَسْطعُ النجوم في سَمائنا بِلا مُنازِع بِسَبَبِ قُربِها مِن الأرض. وحيثُ إنَّ ضَوءَ الشَّمْس يَسْتغرقُ ٨,٣ دقائق لِيَصِلَ إلينا، فإنَّ الشَّمْسَ التي نَراها هي الشَّمْسُ قَبْلَ ٨,٣ دقائق.

كُتْلَةُ الشَّمْس	١,٩٩ × $١٠^{٣٣}$ غ
درجةُ حرارتِها السَّطحيَّة	٦٠٠٠°س
درجةُ حرارةِ لُبِّها	١٤٠٠٠٠٠٠°س
قُطْرُها	١٣٩٢٠٠٠ كم

ألمعُ النُّجوم

يُقاسُ لَمعانُ النجم بالقَدر المُحدَّدِ له. وكُلَّما انخفضَ القَدْرُ كان النجمُ ألمعَ، بحيث إنَّ لَمعانَ نجم من قَدْرٍ مُعَيَّنٍ يَزيدُ مَرَّتين ونصفًا على لمعانِ نجمٍ من القَدْر الذي يليه كما يَبدوانِ من الأرض. أمَّا القَدْرُ المُطلَقُ فهو كميَّةُ الضوء التي يَبْعَثُها النجمُ فِعْلًا.

الاسم	القدر: الظاهري	القدر: المُطلق	البُعد عن الشَّمس (بالسِّنين الضوئيَّة)
الشِّعْرى اليمانيَّة	– ١,٤٦	+ ١,٤	٨,٦٥
سُهيل	– ٠,٧٣	– ٤,٦	١٢٠٠
حَضار	– ٠,١	+ ٤,١	٤,٣٨
السِّماكُ الرّامح	– ٠,٠٦	– ٠,٣	٣٦
النَّسْرُ الواقع	+ ٠,٠٤	+ ٠,٥	٢٦
العَيُّوق	+ ٠,٠٨	– ٠,٥	٤٢
رِجْلُ الجبّار	+ ٠,١٠	– ٧,٠	٩٠٠
الشِّعْرى الشّاميَّة	+ ٠,٣٥	+ ٢,٦	١١,٤
مَنْكِبُ (أو إبْطُ) الجوزاء	+ ٠,٤٩	– ٥,٧ (مُتغيِّر)	٣١٠
آخِرُ النَّهر	+ ٠,٥١	– ٢,٥	١١٧
الوَزْن	+ ٠,٦٣	– ٤,٦	٤٩٠
النَّسْر الطائر (الطير)	+ ٠,٧٧	+ ٢,٣	١٦
الدَّبَران (عينُ الثَّور)	+ ٠,٨٥	– ٠,٧	٦٩
نَيِّرُ نُعَيم (الصليب الجنوبي)	+ ٠,٩٠	– ٣,٧	٣٧٠
قلبُ العقرب	+ ٠,٩٢	– ٤,٥	٤٣٠
السِّماكُ الأعزَل (السُّنبلة)	+ ٠,٩٦	– ٣,٦	٣٦٠
رأسُ التوأم المُؤخَّر	+ ١,١٥	+ ١,٠	٣٥
فَمُ الحوت	+ ١,١٦	+ ١,٩	٢٣
ذَنَبُ الأسد (الذَّنَب)	+ ١,٢٥	– ٧,١	١٨٠٠
نَيِّرُ نُعَيم الثاني	+ ١,٢٥	– ٥,١	٤٨٩
قلبُ الأسد	+ ١,٣٥	– ٠,٧	٨٥
العَذارى	+ ١,٥٠	– ٤,٤	٦٨١

أعظَمُ الرُّجُم

الاسم	البَلَد	الوَزْنُ التقريبيُّ بالطن
هُوبا وِسْت	جَنوب غرب إفريقية	٦٠
خَيمةُ الأنِينيغيتو	جِرينْلَنْد	٣٠,٤
باكَيُوبِريتو	المكسيك	٢٧
امْبُوسي	تَنْزانيا	٢٦
اجِيالِك	غَرب جِرينْلَنْد	٢٠,١
ارمَنْتي	جمهورية مُنْغوليا الشعبيّة	٢٠
تُشوپادِرُوس	المكسيك	١٤
وِيلاميت	الوِلايات المتَّحدة	١٤
كامپو دِلْ سِيِيلُو	الأرْجَنتين	١٣
مُنْدرابِلّا	أُستراليا	١٢

الكَواكِبُ السَّيَّارة

هنالك تِسْعُ سيّارات في النظام الشَّمْسيّ تَقَعُ في مَجموعتَيْن تقريبًا. المجموعة الأقربُ إلى الشَّمْس هي الكَواكبُ الصخريّةُ الأربعة - عُطارِد والزُّهَرَة والأرض والمِرّيخ. وتضُمُّ المجموعةُ الأبعَدُ العمالِقَةَ الغازيَّةَ وهي المُشتري وزُحَلُ وأورانوس ونِبتون. أمَّا بلوتو فهو الكوكبُ التاسعُ الشّاذُّ، إذ إنَّهُ أصغرُ الكواكبِ السيّارة ويتألَّفُ من صخرٍ وجَليد.

الكوكب	عُطارِد	الزُّهَرَة	الأرض	المِرّيخ	المُشتري	زُحَل	أورانوس	نِبتون	بلوتو
البُعد عن الشَّمس بملايين الكيلومترات	٥٧,٩	١٠٨٢	١٤٩,٦	٢٢٧,٩	٧٧٨,٣	١٤٢٧	٢٨٧٠	٤٤٩٧	٥٩١٣
القُطر الاستوائي (بالكيلومتر)	٤ ٨٧٩	١٢ ١٠٤	١٢ ٧٥٦	٦ ٧٨٦	١٤٢ ٩٨٤	١٢٠ ٥٣٦	٥١ ١١٨	٤٩ ٥٢٨	٢ ٢٨٤
الكُتْلة (الأرض = ١)	٠,٠٥٦	٠,٨٢	١	٠,١٠٧	٣١٨	٩٥	١٤,٥	١٧	٠,٠٠٢
الحَجْم (الأرض = ١)	٠,٠٥٦	٠,٨٦	١	٠,١٥	١٣١٩	٧٤٤	٦٧	٥٧	٠,٠١
درجة حرارة السَّطح (°س)	– ١٨٠ إلى + ٤٣٠	+ ٤٨٠	– ٧٠ إلى + ٥٥	– ١٢٠ إلى + ٢٥	– ١٥٠	– ١٨٠	– ٢١٤	– ٢٢٠	– ٢٣٠
جاذبيَّةُ السَّطح (الأرض = ١)	٠,٣٨	٠,٩	١	٠,٣٨	٢,٦٤	٠,٩٢٥	٠,٧٩	١,١٢	٠,٠٥
زمن الدوران حولَ الشَّمس (سنةُ الكوكب)	٨٧,٩٧ يومًا	٢٢٤,٧ يومًا	٣٦٥,٢٦ يومًا	٦٨٦,٩٨ يومًا	١١,٨٦ سنة	٢٩,٤٦ سنة	٨٤,٠١ سنة	١٦٤,٨ سنة	٢٤٨,٥ سنة
زمن التدويمة الكاملة ٣٦٠° (يوم الكوكب)	٥٨,٦٥ يومًا	٢٤٣,٠١ يومًا	٢٣سا ٥٦د ٤ث	٢٤سا ٣٧د ٢٣ث	٩سا ٥٥د ٣٠ث	١٠سا ٣٩د	١٧سا ١٤د	١٦سا ٧د	٦ أيام ٩سا
السُّرعة المداريَّة (كم/ث)	٤٧,٩	٣٥	٢٩,٨	٢٤,١	١٣,١	٩,٦	٦,٨	٥,٤	٤,٧
عددُ الأقمار	–	–	١	٢	١٦	١٨	١٥	٨	١

نِصْفُ الكُرة الشَّمالي

نِصْفُ الكُرة الجَنوبي

الكَوْكَبات

سماءُ الأرضِ مُرَصَّعةٌ بحوالى ٦٠٠٠ نجم يُمكِنُ رؤيتُها بالعَيْنِ المُجَرَّدة. والنجومُ التي تَراها تعتمِدُ على مَوقِعِكَ على سَطحِ الأرض وعلى ذلك الوقتِ من السَّنة. وتُبَيِّنُ الخريطتانِ المُرفَقتانِ النجومَ التي يُمكِنُ رؤيتُها من نِصْفَي الكُرةِ الشَّمالي والجَنوبي. ونَتيجةً لِتدويمِ الأرضِ تبدو النجومُ كأنَّها تتحركُ عَبْرَ السَّماء، لذا يَنبغي تدويرُ هذه الخرائط أيضًا. فالنجومُ الواقعةُ في وَسَطِ الخريطتَيْن، تَظَلُّ تُرى على مَدارِ السَّنة، أمّا تِلكَ الواقعةُ على الحوافِّ فتُرى فقط في أوقاتٍ مُعَيَّنةٍ من السَّنة.

الدُّبُّ الأكبر

تقولُ أُسطورةٌ يونانيةٌ إنَّها امرأةٌ جميلةٌ حوَّلتها إلاهةٌ غَيُورٌ إلى دُبّ.

الفَرَسُ الأعظم

تتَّخِذُ هذه الكَوْكَبةُ شَكْلَ حِصانٍ مُجنَّح. وفي الأساطيرِ اليونانيّة، أنَّها حِصانٌ قَفَزَ من دِماءِ غُولَةٍ تُدعى ميدوزا، بعد أن قَتَلها فرساوُس.

الجَبّار

الجَبّارُ إحدى الكَوْكَبات التي يُمكِنُ رؤيتُها بِسُهولة. وفي الأساطيرِ اليونانيّة أنَّ الجَبّارَ كان صيّادًا ناجِحًا، لكنَّه مُتَعَجْرِف.

الكلبُ الأكبر

هذه الكَوْكَبةُ تُمَثِّلُ أحدَ الكَلْبَيْنِ المُطيعَيْنِ فكوكبهُما على عَقِبَي الجَبّار. والشِّعرى اليمانيّة، ألمعُ نَجمٍ في السَّماء، هي إحدى النجومِ التي تؤلِّفُ هذه الكَوْكَبة.

قِنطورس

تُبَيِّنُ الكَوْكَبةُ الكائنَ الأُسطوريَّ قِنْطور الذي نِصْفُه الأعلى إنسانٌ والأسفلُ حِصان. وهي تَضُمُّ الظُّلمانَ القريب، أقربَ نجمٍ إلى الأرض (عدا الشَّمس).

بُرْجُ العَقْرب

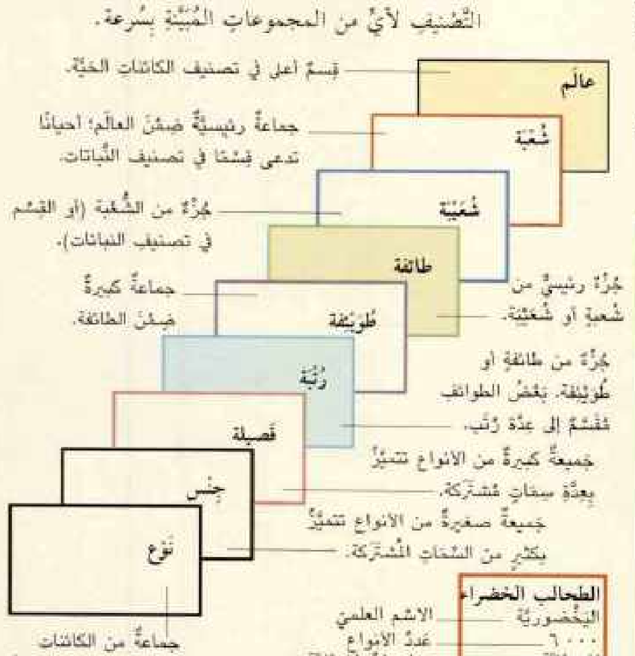
في الأساطيرِ اليونانيّة أنَّ العَقْربَ أُرسِلَ لِيَقْتُلَ الجَبّار. والكَوْكَبتانِ تَقعانِ الآنَ في طَرَفَيْنِ مُتَقابِلَيْنِ من السَّماء، فعندما يَغيبُ الجَبّارُ يَطْلُعُ العَقْرب.

الكائناتُ الحيَّة

هذا المُخطَّطُ يُبيّنُ كيفَ يُصنِّفُ البيُولوجيُّون أشكالَ الحياةِ المُختلِفةَ على الأرض. هنالكَ خمسُ مجموعاتٍ رئيسيَّةٌ تُدعى عوالِمَ؛ والعوالِمُ مُقسَّمةٌ بدَورها إلى وَحَداتٍ أصغر. كُلُّ مُتعَضٍّ في المُخطَّط مُميَّزٌ بمَعلومتَيْن أساسيتَيْن عنه - أُولاهما تُحدِّدُ مجموعةَ الأحياءِ التي يَنتمي إليها، والثانية تُبيِّنُ الكائناتِ الحيَّةَ الأُخرى الأقربَ إليه في عمليَّة التطوُّر.

كيفَ تَستخدِمُ المُخطَّط

المُخطَّطُ مُميَّزٌ لَونيًّا بحيثُ يُمكنُكَ مَعرفةُ مُستوى التَّصنيفِ لأيٍّ من المجموعاتِ المُبيَّنةِ بسُرعة.



بدائيَّاتُ النَّوى (المُونيرا)

هذا العالَمُ يشمَلُ أبسطَ أشكالِ الحياةِ على الأرض، وفيه أكثرُ من ٤٠٠٠ نَوع.



الأوَّليَّات

هذا العالَمُ يشمَلُ المُتعضِّياتِ الأحاديَّةَ الخليَّة؛ وفيه حوالى ٥٠٠٠٠ نوعٍ يعيشُ مُعظَمُها في الماء.



الفُطريَّات

الفُطريَّاتُ تمتصُّ غِذاءَها ممّا تُحضِّرُه النباتاتُ والحيوانات. هنالكَ ما يزيدُ على ١٠٠٠٠٠ نوع، الكثيرُ منها مِجهَريّ.



النَّباتات

يحوي عالَمُ النَّباتِ أكثرَ من ٤٠٠٠٠٠ نوعٍ من المُتعضِّياتِ التي تُخلِّقُ غِذاءَها مُستخدمةً ضوءَ الشَّمس، بالإضافةِ إلى بعضِ الأنواعِ التي فَقدَتْ تلكَ القُدرةَ تاليًا. النباتاتُ لا تتنقَّلُ بذاتها، لكنَّها تتناسَلُ وتتكاثَرُ بإنتاجِ الأبواغِ أو البُزور، التي تنتشرُ غالبًا بعيدًا عن النَّبتةِ الأمِّ بوسائلَ مُختلفة. النباتاتُ البسيطةُ تتكاثَرُ بالأبواغ؛ أمَّا النباتاتُ الأكثرُ ارتقاءً، كالصَّنوبريَّاتِ والنَّباتاتِ الزَّهريَّة، فتتكاثَرُ بالبُزور.

اللَّازهريَّات هذه الفئةُ العامَّةُ تشمَلُ نباتاتٍ لاوعائيَّةً بسيطةً لا تحوي شبكاتٍ لِنقلِ الماءِ والأملاحِ أو الغذاء. كما تشمَلُ أيضًا بعضَ النباتاتِ الوعائيَّةِ التي تنقلُ هذه الموادَّ في أوعيةٍ خاصَّة. مُعظَمُ النباتاتِ اللاوعائيَّةِ تعيشُ في الماء، أو في أماكنَ رَطْبة؛ أمَّا النباتاتُ الوعائيَّةُ فيُمكنُها العيشُ في مواطنَ طبيعيَّةٍ أجفّ. بعضُ علماءِ الأحياءِ يُصنِّفونَ جميعَ أشكالِ الطحالبِ في عالَمِ الأوَّليَّات.

الطحالبُ الخضراء
اليَخضوريَّة
٦٠٠٠
لاوعائيَّة

الطحالبُ الحمراء
الحَمراويَّة
٤٠٠٠
لاوعائيَّة

الطحالبُ السَّمراء
السَّمراويَّة
٢٠٠٠
لاوعائيَّة

الحزازيَّاتُ والكبديَّات
الحَزازيَّة
٢٥٠٠٠
لاوعائيَّة

السَّراخِس
السَّرخسيَّات
١٢٠٠٠
وعائيَّة

رِجلُ الذِّئب
فَصيلةُ رِجلِ الذئب
٤٠٠
وعائيَّة



ذَنَبُ الخيل (الكُنباث)
الكُنباثيَّة
٥٥٠
وعائيَّة

الصَّنوبريَّات
المَخروطيَّات
٥٥٠
وعائيَّة

النَّباتاتُ الزَّهريَّة (الزَّهريَّات) يُوجدُ أكثرُ من ٢٥٠٠٠٠ نوعٍ من النباتاتِ الزَّهريَّة؛ وهي كُلُّها وعائيَّةٌ وتُنتِجُ بُزورًا. النباتاتُ الزَّهريَّة، كالحَوذان، تتألَّفُ زهرتُها من أجزاءٍ مُنفصِلةٍ مُتماثِلةِ الترتيبِ حولَ سُويقِ الزَّهرة. أمَّا الزَّهريَّاتُ الأكثرُ ارتقاءً، كالقُمعيَّةِ الأُرجوانيَّة، فذاتُ أجزاءٍ أقلّ تندمِجُ عادةً معًا لِتُكوِّنَ أقماعًا أو أنابيب؛ وغالبًا ما يكونُ شكلُ الزهرةِ غيرَ مُنتظِم.



أحاديَّاتُ الفِلْقة

بُزورُها ذاتُ فِلقةٍ واحدة، وأوراقُها مُتوازيةُ التَّعريق. وأجزاءُ الزهرةِ ثُلاثيَّةٌ أو مُضاعفاتٌ للعدد ٣. وهي قلَّما تكونُ خَشَبيَّة.

السَّوسن
السَّوسنيَّات
١٨٥٠

الأعشاب
النَّجيليَّات
٨٠٠٠

السَّحالب
الأوركيدات
١٧٥٠٠

ذواتُ الفِلْقتَيْن

بُزورُ هذه النباتاتِ ذاتُ فِلقتَيْن، وأوراقُها شبكيَّةُ التَّعريق. أقسامُها الزَّهريَّةُ رُباعيَّةٌ أو خُماسيَّةٌ أو مُضاعفاتٌ لهذَين العدَدَيْن في الغالِب. والكثيرُ من أنواعِها خَشَبيُّ الجِذْع. هُنالكَ ما يَربُو على ٢٥٠ فَصيلةً من ذواتِ الفِلقتَيْن نُبيِّنُ بعضَ أشهرِها فيما يلي:



الدُّردار
الدُّرداريَّات
١٤٠

البُقول
القَرنيَّات
١٨٤٠٠

أُقحوان
المُركَّبات
[illegible]

الوُرود
الوَرديَّات
٣١٠٠

الصَّبار
الصَّباريَّات
١٦٥٠

القُمعيَّات
الخنازيريَّات
٤٥٠٠

البَقدونس والجزر
الخيميَّات
٣١٠٠

الملفوف
الصَّليبيَّات
٣٠٠٠

البَلُّوط
الزَّانيَّات
١٠٥٠

الخَلَنج
الخلنجيَّات
٣٣٥٠

الحيَوانات

عالَمُ الحيَوانِ يَحوي مُتعضّياتٍ تَغْتَذي بالنباتات، أو الحيواناتِ الأخرى، أو ببقاياهُما. مُعظمُ الحيواناتِ يستطيعُ التنقُّلَ من مكانٍ إلى آخر، لكنَّ بعضَها يقْضي حياتَه البالِغةَ في مكانٍ واحد. هُنالك ما بين ١٠ إلى ٣٠ مِليونَ نوعٍ من الحيوانات.

اللّافقاريّات

اللّافقاريّات هذه الفئةُ العامّةُ تشمَلُ جميعَ الحيواناتِ التي ليس لها عمودٌ فِقَريّ، وتضُمُّ أكثَرَ من تِسْعَةِ أعشارِ جميعِ أنواعِ الحيَوان. الكثيرُ من اللّافقاريّاتِ رِخْوُ الجِسْمِ يَعيشُ في الماء أو في المَواطنِ البيئيّةِ الرَّطْبة. وتَنْفرِدُ شُعْبةُ المَفْصِليّات بأنّها حقَّقَتْ نجاحًا مُتميّزًا في الماءِ وعلى البَرّ.

اللّاسعات (اللّاسِعات)
النيداريا
٩٥٠٠
بحريّةٌ غالبًا
- المَرْجانيّات
- قناديلُ البحر
- الشَّقائقُ البحريّة
- العُداريات (الهيدرا)



المُسطّحات
الدِّيدانُ المُسطّحة
١٠٠٠٠
- المُسطّحاتُ الحُرّةُ العَيْش
- الدِّيدانُ المُثَقِّبة
- الشريطيّات



الرّخْويّات
الرّخْويّات
٩٠٠٠٠
مائيّة وبرّيّة
- الحَلَزونات
- البزّاق والقواقع
- الطّلينوس والمَحار المِروحيّ
- الصدفيّاتُ المُسنَّنة
- الأخطبوطاتُ والحبّارات والسِّيبيدجات



الحَلَقيّات
الدِّيدانُ الحَلَقيّة
١٢٠٠٠
مائيّة وبرّيّة
- الخَراطينُ والدُّويْدات الحمراء
- العَلَق
- الدِّيدانُ العُرْويّة وديدانٌ بحريّةٌ أخرى



الشوكيّات
شوكيّاتُ الجلد
٦٠٠٠
بحريّة
- النّجميّاتُ القصِفة
- قنافِذُ البحر
- خيارُ البحر
- نجمُ البحر
- زنابقُ البحر والنّجميّات الرّيشيّة



شُعَبٌ صغيرة
المُشطيّات والدُّوّارات والخَطْليّات
٣٠٠٠ +
- الأمشاطُ البحريّة
- الدّوّارات
- خرطوميّاتُ الخُرطوم (النّيمرتيّة)



الإسفنجيّات
المَثْقَبات
٥٠٠٠
بحريّةٌ غالبًا



الدِّيدانُ المُسْتَديرة
المَسْلوديات
١٢٠٠٠



حيوانات حَزازيّة
الحَزازيّات
٤٠٠٠
بحريّةٌ غالبًا



المَفْصليّات

المَفْصليّات هذه الشُّعْبةُ الكبيرةُ تحوي حيواناتٍ مُتَمَفْصِلةَ الأجسامِ مُشدّفةً يُغطّيها هيكلٌ خارجيّ. يَدْعَمُ الهيكلُ الخارجيُّ الجِسْمَ ويحميه، كما يمنَعُه منَ التّجفُّف على البَرّ.



ألفيّاتُ الأرجُل
مُزدوجات الأقدام
٧٠٠٠



مئويّاتُ الأرجُل
شفويّاتُ الأقدام
١٧٠٠



القِشْريّات
القِشْريّات
٤٠٠٠٠
بحريّةٌ غالبًا
- براغيثُ الماء
- عُثُّ القِبّان
- السّرطانات والكركَنْدات
- قَمْلُ السَّمك
- البَرْنَقِل



العنكبيّات
العنكبيّات
٧٠٠٠٠
برّيّةٌ غالبًا
- العقارب
- العناكب
- القُمّل
- العنكبيّاتُ الحصّادة



الحشرات
الحشرات + ١٠٠٠٠٠٠
برّيّةٌ غالبًا
- ذابِحيّةُ الذَّيل
- شَعْريّات وطَلْميّات الذَّيل
- الصّرصانات والطيّارات
- الفَراش والعُثّ
- الجنادِب والجداجد
- أبو مقصّ (ثاقبُ الأُذن)
- العضويّات الحَشَريّة
- بنتُ وردان (صرصور)
- راهبة (فرس النّبيّ)
- الأرَض
- القمل
- البَقّ
- الخُنْفُسيات
- شبكيّاتُ الأجنحة
- الخنافس
- الذُّباب
- البراغيث
- النّحْلُ والزّنابير
- والنّمل

الحَبْليّات

الحَبْليّات هذه الشُّعْبةُ تحوي حيواناتٍ ذاتَ حَبْلٍ عصبيّ وظَهريٍّ جاسئٍ يمتدُّ على طولِ الجِسْم. وفيها ٤٤٠٠٠ نوعٍ كُلُّها تقريبًا فقاريّةٌ (أي تحوي عمودًا فقريًّا). أمّا شُعَيْبتا الرُّمَيحيّات والزِّقّيّات فتحوي حَبْلًا جاسِئًا دُونَما عمودٍ فقريٍّ حقيقيّ.

أسماكٌ عديمةُ الفَكّ
اللّافكّيّات
٧٠
بحريّة؛ غُضروفيّةُ الهيكل



أسماكٌ غُضروفيّة
الغُضروفيّات
٧٠٠
بحريّة؛ غُضروفيّةُ الهيكل



القوازِب
البرمائيّات
٤٠٠٠
تستوطِنُ المياهَ العذْبةَ أو البَرّ
- الضّفادعُ والعلاجيم
- السّمادل
- اللّاقدميّات



الأسماكُ العظميّة
عظميّاتُ الهيكل
٢١٠٠٠
تستوطِنُ البحارَ والمياهَ العذبة؛ عظميّةُ الهيكل
- السّيلاكانث
- الأسماكُ الرّئويّة
- البَرْشيرات
- الحَفْشيّات والمِغْذافيّات
- الأنقليسات
- الرّنكات والبَلَم (السّردين)
- السَّلْمون والتروت
- الشّبّوط
- السّلّور
- الفَرْخ والراموح
- وسيّاف البحر والتونا
- أبو شِعن
- البَقلة (القُدّ)
- الأسماكُ الطيّارة
- الفرنْيونات
- أبو شوكة
- حصانُ البحر



الزّواحف
طائفةُ الزّواحف
٦٥٠٠
برّيّةٌ غالبًا؛ حَرشفيّةُ الجلد
- الأفاعي والعظايا
- السّلاحفُ واللّجأ
- التماسيح
- بِمفاريّةُ الرأس (تواترا)



الطّيور
طائفةُ الطّيور
٩٠٠٠
كُلّها مكسُوّة بالرّيش وتتوالَدُ على البَرّ
- الطيورُ الغطّاسةُ والغوّاصة
- القَطْرَسُ وخُطّافُ البحر
- البَطْريق
- البجع والأطيش والغاق
- البَلَشون (مالكُ الحزين) واللّقلق
- البَطّ والوَزّ والتّمّ
- العُقاب والصَّقر والنَّسر
- التَّدْرُج والحَجَل
- النَّورس والزَّرازق
- الحمامُ واليمام
- الببغاوات
- الوَقواق والجوّاب
- البوم
- الطنّانات
- القرلّي والوَرْوار والشِّقِرّاق
- الجواثم (كالشّرشوريّات)



اللّبونات اللّبونات ٤٠٠٠، برّيّة أو مائيّة، تُرْضِعُ صِغارَها لَبَنًا.

وحيداتُ المَسْلَك
الوحيداتُ المَسْلَك
٣
لَبوناتٌ بيوضة
- خُلْدُ الماء (مِنقارُ البطّ)
- الغُطاس (قُنفذُ النّمل)

الجرابيّات
طائفةُ الجرابيّات
٢٥٠
لَبوناتٌ تُربّي صغارَها في جراب
- الأوبوسوم
- الكُوالا
- فأرُ الهند (البَندقوط)
- الكَنْغر والقُنْبُر (الوَلَب)

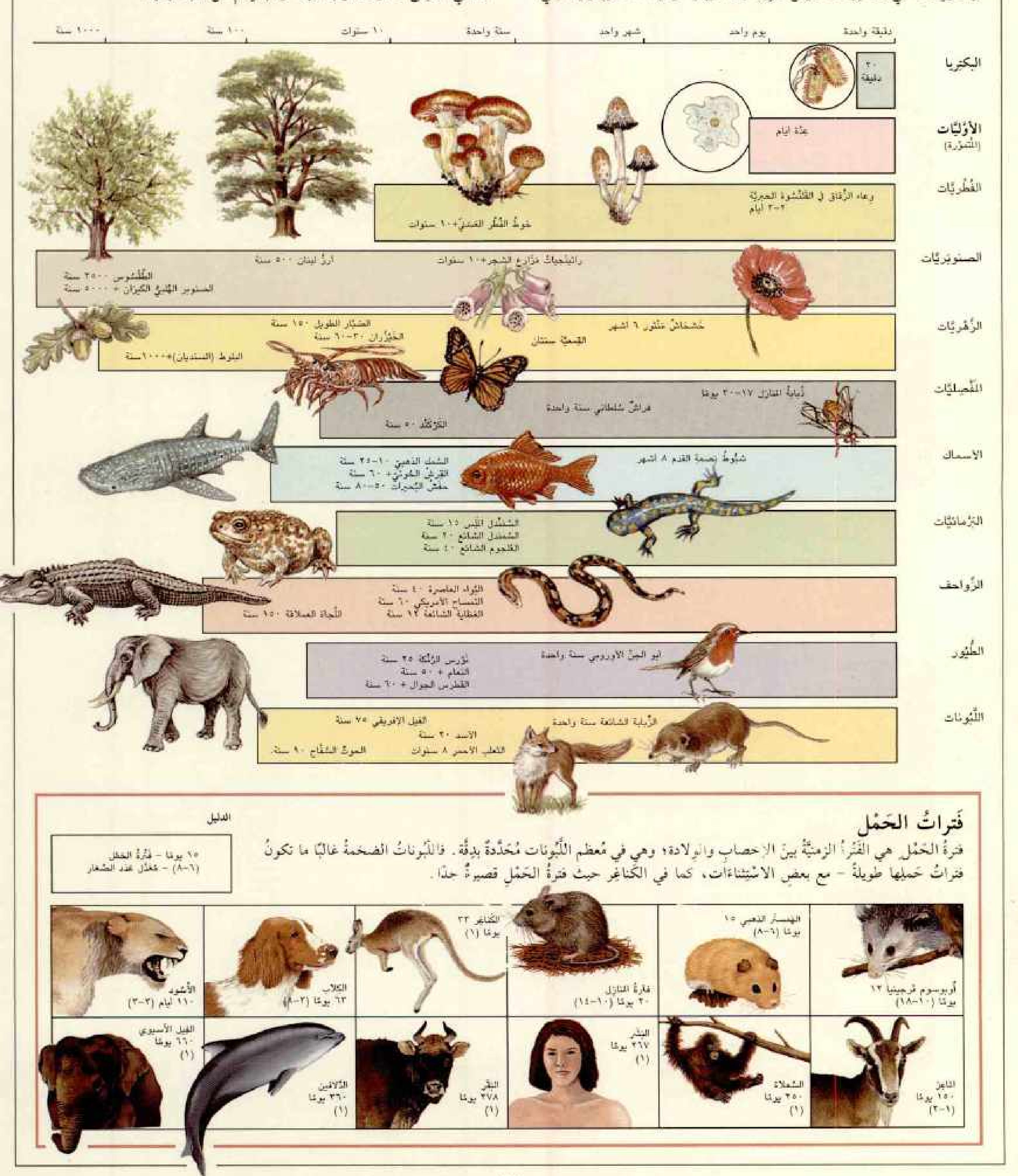
المَشيميّات
المَشيميّات
٣٨٩٠
لَبوناتٌ تُغذّي أجنّتها مشيميًّا
- القنافِذ والزّبابات والمناجِذ (ج. خُلد)
- الخفافيش
- الأرانبُ الأليفةُ والبريّة
- السّعادينُ والقرودُ والبَشَر
- أكلاتُ النّمل والمُدرّعات
- القوارِض
- الحيتانُ والدّلافين
- الكلابُ والقطط والدِّبَبة
- الفُقْمات وسباعُ البَحر والأفظاظ
- الفِيَلة
- الوَبْرات
- خِرافُ البحر والأطوم
- الخيلُ والتّابيرات والكَرْكدنات
- الخنازيرُ والأيايلُ والأغنامُ والظِّباء والماشية



الكائناتُ الحَيَّةُ - كَيْفَ تَعملُ

مَدَى الأعمار

يَرتبطُ مَدَى العُمُر، في مُعظم الكائنات الحيَّة، بعمليَّةِ التكاثُر؛ فالنباتاتُ والحيواناتُ في معظمِها لا تَعيشُ طويلًا بعدَ انتِهاءِ حياتِها التناسُليَّةِ وفيما يلي مَدَى أعمارِ مُختلفِ المُتعضِّيات. أمَّا البكتيريا والأوَّليَّاتُ فتتكاثَرُ عادةً بالإنقسام الثُّنائي، فتبقى خلاياها أو بعضُها حَيَّةً بالرُّغم من انشِطاراتِها.



فَتراتُ الحَمْل

فترةُ الحَمْلِ هي الفترةُ الزمنيّةُ بينَ الإخصابِ والولادة؛ وهي في مُعظم اللَّبُونات مُحَدَّدةٌ بدقَّة. فاللَّبُوناتُ الضخمةُ غالبًا ما تكونُ فتراتُ حَملِها طويلةً - مع بعضِ الاستِثناءات، كما في الكَناغِر حيثُ فترةُ الحَمْلِ قصيرةٌ جدًا.

دَرَجةُ حرارة الجِسْم

المُصْطلحان «حارُّ الدَّم» وَ«باردُ الدَّم» قد يكونان مُضَلِّلَيْن. فالشَّبُّوطُ البطريخيُّ الصحراوي «بارِدُ الدَّم» كسائرِ الأسماك؛ لكنَّه يَعيشُ في اليَنابيعِ الحارَّة، ودمُه حارٌّ في الواقع. فيما الخُفّاشُ المُسْتكِنُّ شِتاءً «حارُّ الدَّم» لكنَّ درجةَ حرارةِ جِسْمِه أبرَدُ بكثير.

حيَواناتٌ خارجيَّةُ الإحرار (باردةُ الدَّم)

-٥°س صفر°س ٥°س ١٠°س ١٥°س ٢٠°س ٢٥°س ٣٠°س ٣٥°س ٤٠°س ٤٥°س

سمكُ الجليد
-٢° ٥°س

السَّلْمون
صفر°س ٣٠°س

الضفادع
٧°س ٣٠°س

العظايا
١٨°س ٤٥°س

الشَّبُّوط البطريخي الصحراوي
٣٤°

حيوانات داخليّة الإحرار (حارَّة الدَّم)

الخفافيش
٣٨°س

أكلات النَّمل الشوكيّة
٣٠°س

القنافذ
٣٥°س

البَشَر
٣٧°س

الطُّيور
٤٠°س

الڤيتامينات

الڤيتامينات مُغَذِّياتٌ أساسيَّةٌ يحتاجُها الجِسْمُ بكميّاتٍ ضَئيلةٍ جِدًّا. القائمةُ أدناه تُبيِّنُ احتياجاتِ الشخصِ البالغ من الڤيتامينات يوميًّا.

ڤيتامينات تَذوبُ في الدُّهون	
ڤيتامين أ	١ مليغرام
ڤيتامين د	٧,٥ ميكروغرامات
ڤيتامين هـ	١٠ مليغرامات
ڤيتامين ك	١٠٠ ميكروغرام

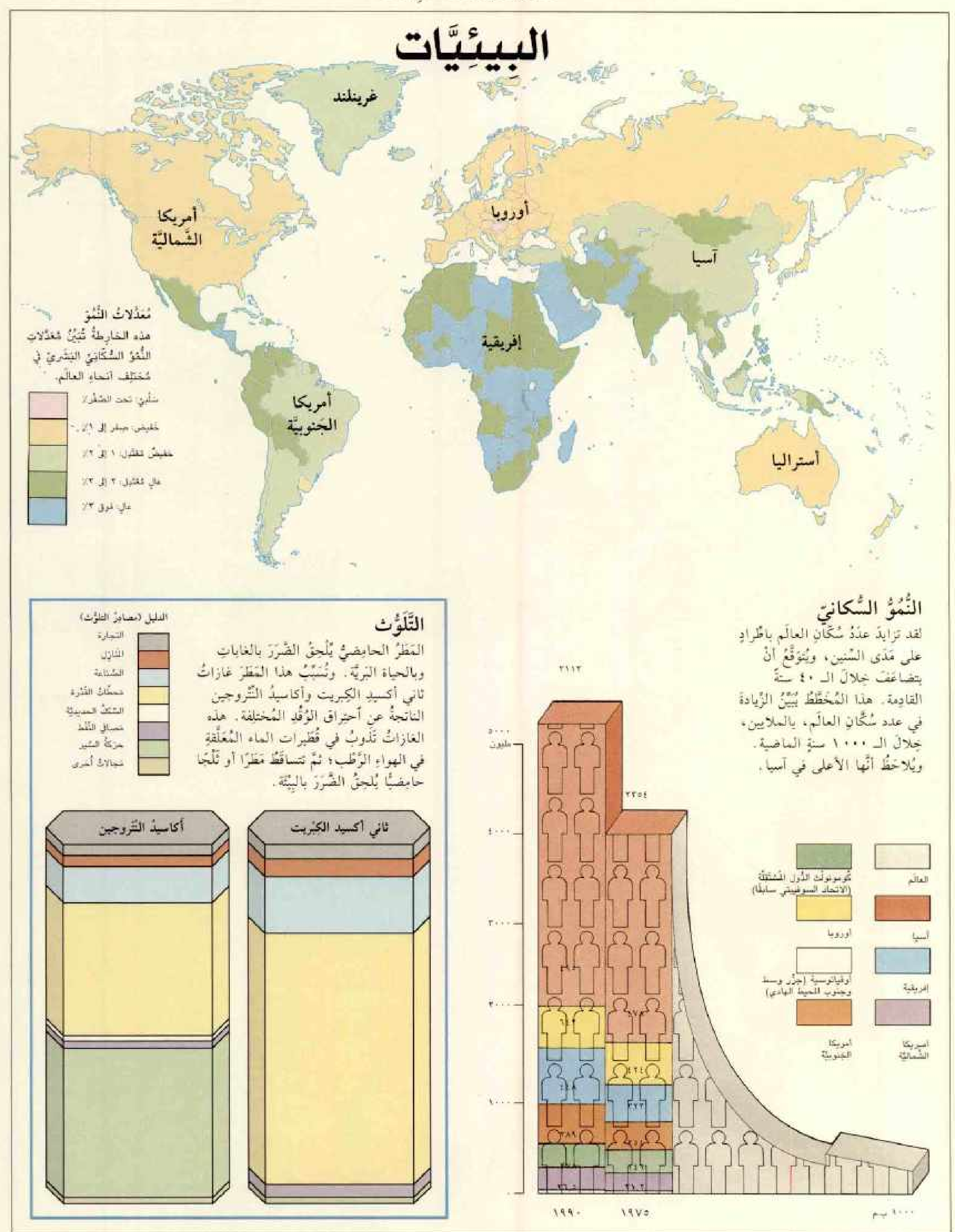
ڤيتامينات تَذوبُ في الماء	
ڤيتامين ب١	١,٥ مليغرام
ڤيتامين ب٢	١,٧ مليغرام
نياسين	١٩ مليغرامًا
ڤيتامين ب٦	٢,٢ مليغرام
ڤيتامين ب١٢	٣ ميكروغرامات
حامض البانتوثينيك	٦ مليغرامات
حامض الفوليك	٤٠٠ ميكروغرام
بيوتين	٢٠٠ ميكروغرام
ڤيتامين ج	٦٠ مليغرامًا

مُعَدَّلاتُ الأيضِ (الإِسْتِقلاب)

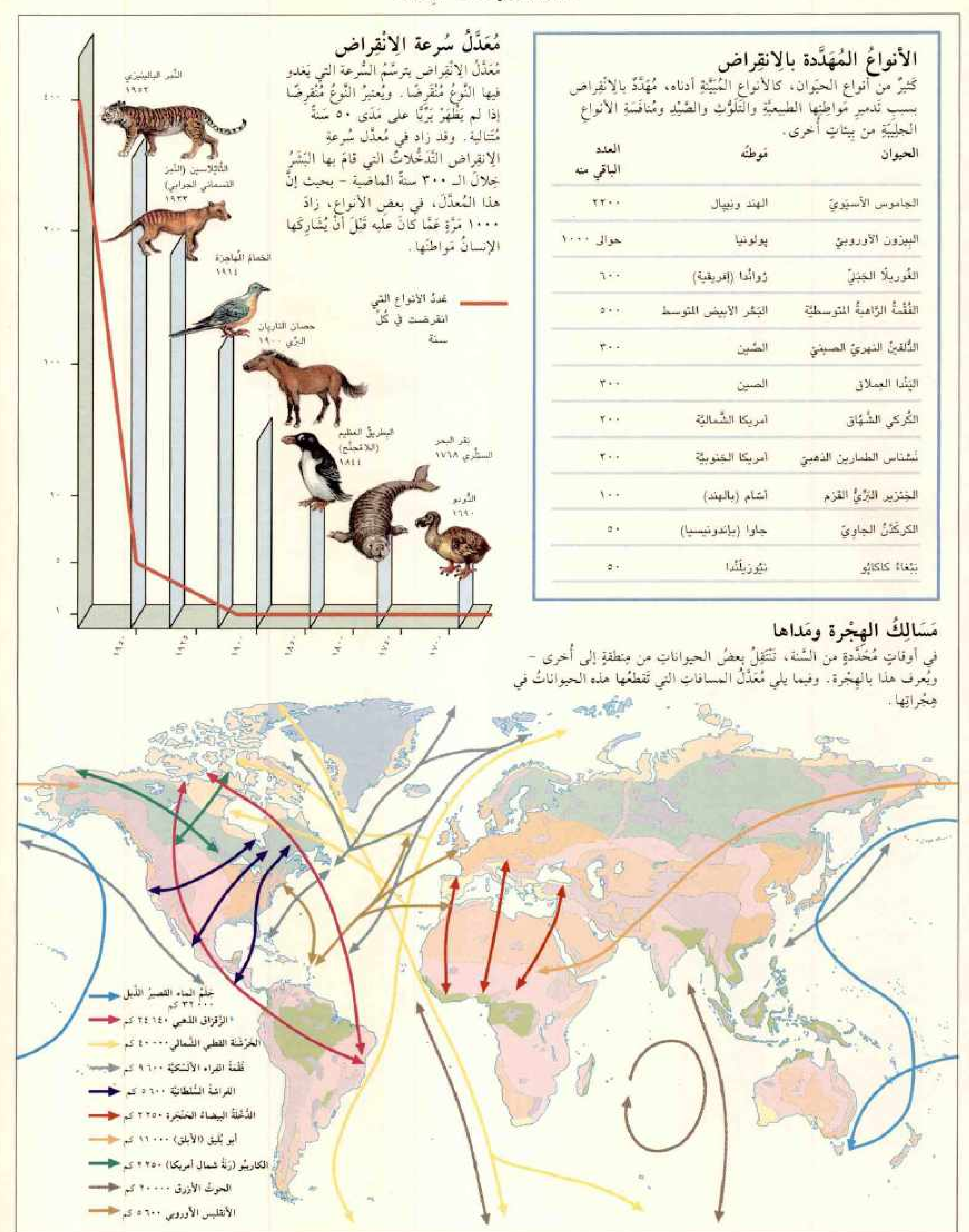
إنَّ مُعَدَّلَ الإستِقلاب لأيِّ حيوانٍ هو مُعَدَّلُ ما «يَحْرِقُه» من الغِذاء لإطلاقِ الطاقة. فيما يلي مُعَدَّلاتُ الأيضِ لمجموعةٍ من اللَّبُونات المُختلِفة، بالمُقارنة مع مُعَدَّلِه في البَشَر. فاللَّبُوناتُ الصغيرةُ يَنبغي لها حَرْقُ الغذاءِ بِمُعَدَّلِ أيضٍ أعلى بالنِّسْبةِ لأحجامِها - لأنَّ مِساحةَ جِلدِها الكبيرة يُسَبِّبُ تُفْقِدُ أجسامَها الحرارة بِسُرعة.

لِلمُقارنة يُبيِّنُ المُخَطَّطُ سُرعةَ احتِراقِ الغِذاءِ في الحيوانات لِكُلِّ وَحْدةِ وَزْنٍ من أجسامِها، بافتراضِ الرقمِ واحدِ المُعَدَّل للإنسان.

الفيل ٠,٣٣
الحصان ٠,٥٢
الإنسان ١,٠٠
الخروف ١,٠٥
الكلب ١,٥٧
الهرّ ٣,٢٤
الجُرَذ ٤,١٤
السِّنجاب ٤,٩٠
فأرة المنزل ٧,٨٦
فأرة الحصاد ١١,٩٠
الزُّبابة ٣٥,٢٤



البِيئِيَّات
غرينلند
أمريكا الشَّماليّة
أوروبا
آسيا
إفريقية
أمريكا الجَنوبيّة
أستراليا
مُعدَّلاتُ النُّمُوّ
هذه الخارطةُ تُبيِّنُ مُعدَّلاتِ النُّمُوِّ السُّكّانيّ البَشريّ في مُختلِف أنحاءِ العالَم.
سلبيّ: تحت الصِّفر٪
خفيض: صِفر إلى ١٪
خفيضٌ لِلقليل: ١ إلى ٢٪
عالٍ لِلقليل: ٢ إلى ٣٪
عالٍ: فوق ٣٪
التَّلوُّث
المَطَرُ الحامِضيُّ يُلحِقُ الضَّرَرَ بالغاباتِ وبالحياة البرّيّة. وتُسبِّبُ هذا المَطَرَ غازاتُ ثاني أكسيدِ الكِبريت وأكاسيدُ النِّتروجين النّاتجةُ عن احتراق الوُقُد المُختلِفة. هذه الغازاتُ تَذوبُ في قُطيرات الماء المُعلَّقةِ في الهواءِ الرَّطب؛ ثمّ تتساقطُ مَطَرًا أو ثَلْجًا حامِضيًّا يُلحِقُ الضَّرَرَ بالبِيئة.
الدليل (مصادِرُ التلوُّث)
التجارة
المَنازل
الصِّناعة
محطّاتُ القُدرة
السِّكَكُ الحديديّة
مَصافي النِّفط
حركةُ السَّير
مجالاتٌ أخرى
أكاسيدُ النِّتروجين
ثاني أكسيد الكِبريت
النُّمُوُّ السُّكّانيّ
لقد تزايدَ عددُ سُكّانِ العالَم باطِّرادٍ على مَدى السِّنين، ويُتوقَّعُ أنْ يتضاعَفَ خِلالَ الـ ٤٠ سنةً القادِمة. هذا المُخطَّطُ يُبيِّنُ الزِّيادةَ في عدد سُكّانِ العالَم، بالملايين، خِلالَ الـ ١٠٠٠ سنةِ الماضية. ويُلاحَظُ أنّها الأعلى في آسيا.
٥٠٠٠ مليون
٤٠٠٠
٣٠٠٠
٢٠٠٠
١٠٠٠
٢١١٢
٢٢٥٤
العالَم
كومونولث الدُّوَل المُستقلّة (الاتحاد السوفييتي سابقًا)
آسيا
أوروبا
إفريقية
أوقيانوسية (جزُر وسط وجنوب المحيط الهادي)
أمريكا الشَّماليّة
أمريكا الجَنوبيّة
١٩٩٠
١٩٧٥
١٠٠٠ بم



مُعَدَّلُ سُرعة الاِنْقِراض

مُعَدَّلُ الاِنْقِراض يترسّمُ السُّرعةَ التي يَغدو فيها النّوعُ مُنْقرِضًا. ويُعتبرُ النّوعُ مُنْقرِضًا إذا لم يَظْهَرْ بَرّيًّا على مَدَى ٥٠ سَنَةً مُتَتالية. وقد زاد في مُعدّل سُرعةِ الاِنقِراض التّدخُّلاتُ التي قامَ بها البَشَرُ خِلالَ الـ ٣٠٠ سنةِ الماضية - بحيث إنَّ هذا المُعدَّلَ، في بعضِ الأنواع، زادَ ١٠٠٠ مَرّةٍ عَمّا كانَ عليه قَبْلَ أنْ يُشارِكَها الإنسانُ مَواطِنَها.

الأنواعُ المُهَدَّدة بالاِنقِراض

كَثيرٌ من أنواعِ الحيَوان، كالأنواعِ المُبَيَّنةِ أدناه، مُهَدَّدٌ بالاِنْقِراض بسببِ تَدميرِ مَواطِنِها الطبيعيّةِ والتّلَوُّثِ والصَّيْدِ ومُنافَسةِ الأنواعِ الجَليبَةِ من بيئاتٍ أخرى.

الحيوان	مَوطنُه	العدد الباقي منه
الجاموس الآسيويّ	الهند ونيبال	٢٢٠٠
البيزون الأوروبيّ	بولونيا	حوالى ١٠٠٠
الغُوريلا الجَبَليّ	رُواندا (إفريقية)	٦٠٠
الفُقْمةُ الرّاهبةُ المتوسطيّة	البَحْر الأبيض المتوسط	٥٠٠
الدُّلفينُ النهريّ الصينيّ	الصّين	٣٠٠
البَنْدا العِملاق	الصين	٣٠٠
الكُركي الشّهّاق	أمريكا الشّماليّة	٢٠٠
نَسْناس الطمارين الذهبي	أمريكا الجَنوبيّة	٢٠٠
الخِنْزير البَرّيُّ القزم	أسّام (بالهند)	١٠٠
الكركَدَنُّ الجاويّ	جاوا (بإندونيسيا)	٥٠
بَبّغاءُ كاكابُو	نيُوزيلَنْدا	٥٠

مَسَالِكُ الهِجْرة ومَداها

في أوقاتٍ مُحَدَّدةٍ من السَّنة، تَنْتَقِلُ بعضُ الحيواناتِ من منطقةٍ إلى أُخرى - ويُعرفُ هذا بالهِجْرة. وفيما يلي مُعدَّلُ المسافاتِ التي تَقطعُها هذه الحيواناتُ في هِجْراتِها.

تعريفات *

* الكلماتُ المطبوعة بحرفٍ مائلٍ تردُ في مَداخِلَ مُستقلَّة في هذا المسرد.

أ

آ آ، لابة عَتيَّة: لابة بُركانيَّة خشِنةُ السطح. (a a)
أكلُ العُشب: أُنظُر «عاشِب».
أكلُ اللحم: أنظر «لاحِم».
إتحال: أنظر «حَتٌّ (كيماوي)».
إبصارٌ بالعَينَيْن: قُدرةُ بعضِ الحيوانات على رؤية الأجسام مجسّمةً ثلاثيّة الأبعاد وبالتالي تقدير المسافات. (binocular vision)
اتّزان: أنظر «توازُن».
أُجاج: محلولٌ مِلحيٌّ قويٌّ. (brine)
أجيجٌ شمسيّ: شَوْظٌ أو اندلاعٌ إشعاعيٌّ تفجُّريٌّ مُفاجئٌ مِن الشمس. (solar flare)
أُحاديُّ الفلقة: نباتٌ زَهريٌّ مُفرد الفِلقة (مُفردُ ورقةِ البِزرة). (monocotyledon)
احتراق: تفاعُلٌ كيماويٌّ تتّحِدُ فيه المادّةُ بالأكسجين مُنتِجةً طاقةً حراريّة. (combustion)
احتكاك: قُوّةٌ تُبطِئ أو تُوقِفُ حركةَ سطحٍ على آخر. (friction)
أُحفورة، مُستحجِرة: بقايا نباتٍ أو حيوانٍ مُتحجِّرة. (fossil)
اختزال: اكتسابُ المادة الهدروجين أو فِقدانُها الأكسجين؛ وتوسيعًا هو اكتسابُ الذرّة إلكتروناتٍ في تفاعُلٍ كيماوي. (reduction)
اختلافُ المَنظَر: تحرُّكُ الأجسام ظاهِريًّا، بعضُها بالنسبةِ لبعض، بتغيُّرِ موقعِ المُشاهِد (كتحرُّك الأشجار القريبة ظاهريًّا بالنسبة للتلال خلفها خلالَ تحرُّك المُشاهِد). (parallax)
اختمار، تخمُّر: عمليّةُ تحويل (أو تحوُّل) السُّكّريات النباتيّة إلى كُحولٍ وثاني أكسيد الكربون بواسطة الخَمائر. (fermentation)
إخصاب: إتّحادُ الأمشاج (الأعراس) الذكريّة بالأمشاج الأنثويّة. (fertilization)
إخصابٌ تهجينيّ: إخصابُ (أو إلقاح) النبات بأمشاجٍ (أو أعراس) من نوعٍ نباتيٍّ آخر. (cross-fertilization)
إدماع: أُنظر «نضح».
أدَمة: طبقةٌ ثخينةٌ من النَّسيج الجلدي تحت البَشَرة. (dermis)
أدَمة خارجيّة: أُنظر «بَشَرة».
إرتاج: لحاقُ جبهةٍ باردة بأُخرى دافئة. (occlusion)
إرتحال: أُنظر «هِجرة».
إرتشاح: أُنظر «نَتْح».
إزاحة: تفاعُلٌ كيماوي يُستبدَلُ فيه أيونٌ أو ذرّةٌ في جُزيءٍ بأيونٍ أو ذرّةٍ أخرى. (displacement)
إزالةُ المُلوحة، تحلية: إزالةُ المِلح من ماء البحر. (desalination)
الأسُّ الهدروجينيّ: أُنظر «pH».
إستتباب، إستقرارٌ داخليّ: وسائلُ الحيوان لِحفظ بيئته الداخلية (درجة الحرارة وضغط الدم والأسّ الهدروجينيّ لِسوائل الجسم إلخ) مُستقِرّة. (homeostasis)
إستحالة: أُنظر «تحوُّل».
إستراتيجرافية، علمُ طبقات الأرض: دراسةُ وتوصيفُ الطبقات الصخريّة. (stratigraphy)
إستشراب: طريقةُ فصل المَزيج بإمراره خِلالَ وسطٍ مُعيَّن - كورقةِ ترشيحٍ مثلًا. أجزاءُ المَزيج المُختلفة تسري عبرَ الوسط بسُرعاتٍ مُختلفة. أو هو طريقةٌ لِفصل مَزيجٍ من الذائبات بانتشارِها المُتباين خِلالَ وسطٍ مَسامي. (chromatography)
إستقرار داخليّ: أُنظر «إستتباب».
إستقلابٌ بِنائيّ: أُنظر «أيضٌ بِنائيّ».
أُشابة: خليطٌ من فلزّين أو أكثر، أو من فلزٍّ ولافلزّ. (alloy)
إشباع: أُنظر «تشبُّع».
إشرادٌ كهربائيّ، رَحَلانٌ كهربائيّ: فصلُ الجُسَيمات المشحونة في مَزيج. (electrophoresis)
إشعاع (١) موجةٌ كهرمغنطيسيّة. (radiation)
(٢) تيّارٌ من الجُسيمات المُنبعِثة من مصدرٍ ذي نشاطٍ إشعاعيّ. (radiation)
(أُنظر أيضًا «طيفٌ كهرمغنطيسيّ»).
إشعاعُ الخلفيّة (١) إشعاعٌ خفيضُ الشدّة تبعثُه موادُّ مُشعّة داخلَ الأرض وحَواليها. (background radiation)
(٢) إشعاعٌ فضائيٌّ مِكرويُّ الأمواج لعلّه من بقايا الانفجار العظيم. (background radiation)
إشعاعٌ دونَ الأحمر: نمطُ الإشعاع الكهرمغنطيسي الذي تبعثُهُ الأجسامُ الساخنة. (infrared radiation)
الإشعاعيّة، الفاعلية أو النشاط الإشعاعي: تفكُّكُ النُّوى في ذرّات المادة يصحبه ابتعاثُ الإشعاع. (radioactivity)
أشِعّةُ إكس، الأشِعّة السينيّة: ضَربٌ من الإشعاع الكهرمغنطيسيّ أمواجُه أقصر من الإشعاع فوق البنفسجي (وتردُّده أكثر). (X-rays)
أشِعّةُ جاما: نوعٌ من الإشعاع الكهرمغنطيسي أطوالُه الموجيّةُ قصيرةٌ جدًّا. (gamma rays)
الأشِعّة السينيّة: أُنظر «أشعة إكس».
إصداء، ترجيعُ الصدى: تلوُّ الصَّدى السابِعَ قبلَ انتهاء الصوت الأصلي (فيبدو أنّ الصوتَ استمرَّ لفترةٍ أطول). (reverberation)
أطياف: أُنظر «طيف».
إعادةُ التدوير: إعادةُ استخدام النُّفايات (بعد مُعالجتها) لِتوفير الموارد والطاقة. (recycling)
إعصار، زوبعة: منطقةُ ضغطٍ منخفضٍ تسودُها رياحٌ شديدة تبلغُ سُرعتها ١٢٠كلم/ الساعة تدوّم باتجاه مُضادٍّ لحركة عقرب الساعة في نصف الكرة الشمالي (وعكس ذلك في النصف الجنوبي). (cyclone)
إعصارٌ مداري: عاصفةٌ دُوّاميّةٌ مداريّةٌ هائلة تزيد سُرعةُ الرياح فيها على ١٢٠ كيلومترًا في الساعة. (hurricane)
إعصارٌ مائي دُوّامي: عمودٌ مائي يُسقِطه تورنادو (إعصارٌ دوّامي قُمعي) فوق مياه البحر. (waterspout)
إعصار مداري دوّامي: أُنظر «إعصار».
إعصار مُضاد: أنظر «ضديد الإعصار».
إف إم: أنظر «تضمين التردُّد».
إفراز: إطلاقُ (أو انطلاق) موادَّ مُعيَّنة من خلايا النبات والحيوان. (secretion)
إفراغ: إزالة الفضلات بمختلف الوسائل التي تقوم بها المُتعضّيات. (excretion)
أكسدة، تأكسُد: إكتسابُ المادة أكسجينًا أو فقدُها الهدروجين؛ أو فقدانُ الذرّة إلكتروناتٍ في تفاعُلٍ كيماويّ. (oxidation)
إكسوسفير، الغِلاف (الجوّي) الخارجي: الجُزء الخارجيُّ الأقصى من جوّ الأرض (حوالى ٩٠٠ كيلومتر فوق سطح الأرض). (exosphere)
أكسيد: مُركَّبٌ من عُنصرٍ مع الأكسجين. (oxide)
إكليل، طُفاوة، هالة: طبقةُ الغازات الساخنة الخارجيّة المُحيطة بالشمس. (corona)
التصاق، تلاصُق: قُوّةُ التجاذُب بين ذرّات أو جُزيئات مادّتَين مُختلِفتَين. (adhesion)
إلكترود، مَسْرى، قُطْب: قطعةٌ من المعدن أو الكربون تجمَعُ أو تُطلِقُ الإلكترونات في دارةٍ كهربائيّة. (electrode)
إلكتروسكوب، مِكشاف كهربائي: جهازٌ يكشِفُ عن وجود شحنةٍ كهربائيّة. (electroscope)
إلكتروليت: أُنظر «كَهْرَل».
إلكترون، كُهَيرِب: جُسيمٌ سالبُ الشُّحنة الكهربائية يدورُ حولَ النواة في كلِّ أنواع الذرّات. (electron)
أمبير: وحدةُ قياس شِدّة التيّار الكهربائي. (ampere «amp»)
أمشاج: أُنظر «مَشيج».
أميتر: جهازٌ قياس شدّة التيّار الكهربائي. (ammeter)
إنساني: فردٌ من فصيلة الرئيسات الشبيهة بالبَشر ومنها الإنسان والقِردة العُليا. (hominid)
إنتاش: المَراحِلُ الأولى من نموّ البِزرة (لِتُصبِح نَبتة). (germination)
الإنتخاب الاصطناعي: إنتقاءٌ يُمكِّنُ الإنسانَ من تغيير التركيب الجِيني لِنوعٍ مُعيَّنٍ من الكائنات. (artificial selection)(قارن «انتخاب طبيعي»)
الإنتخاب الطبيعي: طريقةُ الانتخاب بحيثُ إنّ الخصائص التي تُساعِدُ النوعَ على البقاء تُورَّثُ إلى الجيل التالي. (natural selection)
إنتشار: امتزاجُ مادّتَين أو أكثر بفعل الحركة العشوائيّة للجُزيئات. (diffusion)
إنتشارٌ أزموسيّ: أُنظر «تناضُح».
الإنتقاء الصُّنعي: أُنظر «الإنتخاب الاصطناعي».
إنتقاض، أيضٌ هدْمي: سِلسِلة تفاعُلات كيماوية تُفكِّكُ الجُزيئات الكبيرة في الكائنات الحيّة إلى جُزيئاتٍ أصغر، وهذا يُنتِجُ طاقةً. (catabolism)
إنتقال (النُّسُغ): تحرُّكُ أو انتقال الموائع في أجزاء النبات. (translocation)
أنثراسيت: فحمٌ صلدٌ نقيٌّ يحترقُ دونما لهبٍ أو دُخانٍ تقريبًا. (anthracite)
انحلّ - ينحَلُّ: يتفكّكُ أو يتحلّلُ بفعل الحالات العُضويّة. (decompose)
إنحلال: أُنظر «تحلُّل».
إندثار: أُنظر «إنقراض».
أنديسيت: صخرٌ بُركانيٌّ بُنّيٌّ أو رماديٌّ دقيقُ الحُبيبات. (andesite)
إندماجٌ نوويّ: تفاعُلٌ نوويٌّ تندمِجُ فيه النُّوى الخفيفة (كالهدروجين مثلًا) لتكوين نواةٍ أثقل ومُطلِقةً طاقةً. (nuclear fusion)
إندوسبيرم، سُوَيداءُ البِزْرة: نسيجُ اختزان الغذاء في البِزْرة. (endosperm)
الإنزياحُ الأحمر: إنزياحُ الضوء (نحوَ الطرف الأحمر للطّيف) من مجرّةٍ تتحرّكُ بعيدًا عن الأرض. (red shift)
أنزيم: خَلْطٌ في الكائنات الحيّة يزيدُ من سُرعة التفاعُلات في العمليّات الكيماويّة الطبيعيّة. (enzyme)
إنشطارٌ نوويّ: تفاعُلٌ نوويٌّ تنشطِرُ فيه النواةُ إلى نواتَين أصغر مُطلِقةً طاقة. (nuclear fission)
إنضغاط (١) تضاغُطٌ (في الأمواج الطولية كالصوت) يزيدُ من الضغط وكثافة الجُزيئات. (compression)
(٢) انضغاطٌ يزيدُ من كثافة المائع. (compression)
إنعراج، حُيود: إنتشارُ الأمواج توسُّعًا عند عبورها شقًّا ضيّقًا. (diffraction)
إنعكاس: إرتدادُ الضوء أو الحرارة أو الصوت عن سطحٍ ما. (reflection)
إنعكاسٌ داخليّ: إنعكاسُ بعضِ الضوء من حزمة أشِعّةٍ ضوئية مارّةٍ من وسطٍ كثيف (كالزجاج) إلى وسطٍ أقلّ كثافةً (كالماء). (internal reflection)
إنعكاسٌ قُطبيّ: إنعكاسُ اتجاه المجال المغنطيسي الأرضي. (polar reversal)
إنعكاسٌ مِرآويّ: إنعكاسٌ ترتدُّ فيه أمواجُ الضوء عن السطح العاكس بالزاوية نفسِها التي تسقُط فيها. (specular reflection)
الإنفجارُ العظيم: نظريّةٌ مفادُها أنّ الكون ابتدأ بانفجارٍ هائلٍ للمادة، ويُعتقَدُ أنّ أجزاء الكون لا تزالُ في تباعُدٍ بسبب ذلك الإنفجار. (Big Bang)
إنقراض، إندثار: موتُ جميع الأفراد من كائنٍ حيّ. (extinction)
إنقسامُ الخليّة: عمليّةٌ تنشطِرُ فيها خليّةٌ واحدة لِتُنتِجَ خليّتَين تُسمَّيان الوَليدتَين. (cell division)
الإنقسامُ الفتيليّ: إنقسامُ الخليّة حيثُ تنقسم النواةُ لِتُنتِجَ خليّتَين، كُلُّ واحدةٍ منهما تحوي العددَ نفسَه من الصُّبغيّات (الكروموسومات) كالخليّة الأمّ. (mitosis)
إنقسامٌ مُنصِّف: إنقسامُ الخليّة الذي يُنتِجُ أربعةَ أمشاجٍ (أعراس) في كلٍّ منها نصفُ عدد الكروموسومات (الصُّبغيّات) الموجودة في الخليّة الأصليّة. (meiosis)
إنكسار: تغيُّرُ اتجاه الحُزمة الضوئيّة عند مُرورها من وسطٍ إلى آخرَ مُختلِفِ الكثافة (مثلًا من الهواء إلى الزُّجاج). (refraction)
أنود، مَصعَد: إلكترودٌ مُوجِب. (anode)
أنوَدة: تغطيةُ جسمٍ فلزّيٍّ بطبقةٍ أكسيديّةٍ واقيةٍ رقيقةٍ بالكهرلة. (anodizing)
أنيون، شارِدةٌ سالبة: أيونٌ سالبُ الشُّحنة الكهربائية. (anion)
إهتزاز، ذَبذَبة: حركةٌ تَرجُّحٍ سريعة (ذهابًا وإيابًا). مثلًا الزلزلة تجعلُ سطحَ الأرض يهتزُّ، والصوتُ يجعلُ الهواءَ يهتزُّ (أو يتذبذَب). (vibration)
أوزون: نظيرٌ للأكسجين يوجَدُ في طبقات الجوّ العُليا حيث يؤلِّفُ طبقةَ الأوزون. يحوي جُزيءُ الأوزون ثلاثَ ذرّاتٍ من الأكسجين. (ozone)
أوم (Ω): وحدةُ المُقاومة الكهربائيّة (يُساوي مُقاومةَ موصِّلٍ يمرُّ فيه أمبيرٌ واحد حينَ فرقُ الجُهد بين طرفَيه فلطٌ واحد). (ohm)
أوَيْل: أُنظر «بروتون».
أيسوبار، خطُّ تساوي الضغط: خطٌّ على خريطة الطقس يَصِلُ النقاطَ المُتساوية ضغط الهواء (الضغط الجوّي). (isobar)
أيسومر، زَمير، مُماكِب: مُركَّبٌ مُماثِلٌ لآخَرَ في التركيب (يحوي الذرّات نفسها) لكنْ بترتيبِ ذرّاتٍ مُختلِف. (isomer)
أيضٌ بِنائيّ، إستقلابٌ بِنائيّ: سِلسِلة من التفاعُلات الكيماوية في الكائنات الحيّة تَبني جُزيئاتٍ كبيرةً من أُخرَ صغيرة. (anabolism)

أيض هدمي: أنظر «إيتقاض».
أيون، شاردة: ذرّةٌ أو مجموعةُ ذرّاتٍ فقدت أو كسبت إلكترونًا واحدًا أو أكثر لتُصبح ذاتَ شحنةٍ كهربائيّة. (ion)
الأيونوسفير، الغلافُ الجوّي المتأيّن: القسمُ من الغلاف الجوّي، على ارتفاع ٥٠ إلى ٤٠٠ كيلومتر عن سطح الأرض، الذي يعكس الأمواج الراديويّة (اللاسلكيّة). (ionosphere)

ب

باثوليت: كتلة من الصخر الناري تصلّبت في كتلةٍ جوفيّةٍ ضخمة. (batholith)
بازلت: صخرٌ بركانيٌّ رماديٌّ داكنٌ أو أسود. (basalt)
بتروكيماوي، مُستحضر بتروكيماوي: مادةٌ كيماوية تُحضَّر من النفط أو من الغاز الطبيعي. (petrochemical)
بتيوميني: أنظر «قيري».
برامجيات: البرامج التي يستخدمُها الحاسوب. (software)
برج (فلكي): أنظر «كوكبة».
برخان: كثيبٌ رمليٌّ هلاليٌّ مقعّر. (barchan)
برنامج: سلسلةٌ من التعليمات المشفّرة (المرمّزة) لتشغيل الحاسوب. (program)
بروتون، أوّيل: جُسيمٌ في نواة الذرّة يحملُ شحنةً كهربائيّةً موجبة (وهو يؤلّف النواة في ذرّة الهدروجين العادي). (proton)
بروتين: مادّةٌ غذائية يحتاجها الجسم للنموّ والتصليح توجدُ في أطعمةٍ كالسّمك واللحوم والجبن والحبوب البقليّة (كالفاصولياء والفول واللوبياء). (protein)
البسترة، التعقيم: إحماءُ الطعام لقتل البكتريا أو الجراثيم (المسبّبة للمرض) فيه. (pasteurization)
بشرة، أدمة خارجيّة: الطبقةُ الخارجيّة من الجلد. (epidermis)
بطاريّة، مِرْكم: سلسلةٌ من خليّتين كهربائيتين أو أكثر تُنتجُ وتخزنُ الكهرباء. (battery)
البقع الشمسيّة، كَلَفُ الشمس: بُقعٌ على سطح الشمس أبردُ ممّا حواليها فتبدو أدكن ممّا حواليها. (sunspots)
بكتريا: أنظر «جرثوم».
بلازما (١) مصلُ الدم، الجزءُ السائلُ من الدم. (plasma)
(٢) غازٌ حامٍ مشحونٌ بالكهرباء، الإلكتروناتُ فيه متحرّرةٌ من ذرّاتها. (plasma)
بلسار، نبّاضٌ كوني: نجمٌ كثيف. (pulsar)
بلورة: بنيةُ مادّةٍ جامدة ذاتُ شكلٍ منتظم. (crystal)
بوصلة دوّارة: أنظر «جيروسكوب».
بوليمر: أنظر «مكثور».
البياض: معدّلُ ما يعكسه جسمٌ، بخاصّةٍ كوكبًا أو قمرًا، من نور الشمس. (albedo)
بين جليدي: فترةُ طقسٍ دافئٍ نسبيًا بين عصرين جليديّين. (interglacial)
البيولوجية: أنظر «علم الحياة».
بيئة: المحيطُ أو الوسطُ الذي يتواجدُ فيه حيوانٌ أو نبات. (environment)
البيئيات، علمُ البيئة: دراسةُ العلاقات بين المتعضّيات وبيئتها. (ecology)

ت

تابع: أنظر «ساتل».
التاريخُ الإشعاعي: طريقةٌ لتقدير عمر الأشياء بقياس نسبة النظائر المشعّة التي اضمحلّت فيها. (radioactive dating)
تأكسد: أنظر «أكسدة».
تألّق: أنظر «فلوريّة».
التبخّر، التبخير: تحوّلُ أو تحويلُ السائل إلى بخار بانفلات الجزيئات من سطحه. (evaporation)
تحات: أنظر «حتّ».
تحريض: أنظر «حثّ».
تحلّل، تفكّك، إنحلال:
(١) تحلّل عضوي. (decomposition)
(٢) تفكيكُ أو تفكّك الجزيئات الكبيرة إلى جزيئاتٍ أصغر. (decomposition)
التحلّلُ أو التحليلُ الكهربائي: أنظر «كهرلة».
تحلية: أنظر «إزالة الملوحة».
التحليلُ الكمّي: لتحديد التركيب النسبي لمكوّنات المادّة موضع الاختبار. (quantitative analysis)
التحليلُ الكهربائي: أنظر «كهرلة».
التحليلُ النوعي: لإيجاد مكوّنات المادّة أو المركّب موضع الاختبار. (qualitative analysis)
تحوّل، إستحالة: تغيّرٌ أو تحوّل الشكل، مثلاً التحوّل من يَسْروع إلى خادرة في تطور الحشرات. (metamorphosis)

تحوّلٌ مفاجئ: أنظر «طفرة».
تخلخل: مناطقُ على طول الموجة الطولانية (كموجة الصوت) حيثُ ضغطُ الجزيئات وكثافتُها خفيضان. (rarefaction) (قارن «انضغاط»).
تخليق، توليف، تركيبٌ اصطناعي: إنتاجُ جزيئاتٍ أكبر من جزيئاتٍ أصغر أو ذرّات. (synthesis)
التخليقُ الضوئي، التمثيلُ الضوئي: الطريقةُ التي يصنعُ بها النباتُ الغذاءَ من الماء وثاني أكسيد الكربون باستخدام طاقة الشمس. (photosynthesis)
تخمّر: أنظر «إختمار».
تخمير: أنظر «إختمار».
تداخُل: تشوّشُ الإشاراتِ الناتج من تقابل موجتين أو أكثر. (interference)
تذنّب هالي: أنظر «ذؤابة».
ترابطٌ إسهامي: رابطة كيماوية تتمُّ باشتراك الذرّات في إلكترونٍ أو أكثر. (covalent bond)
تُربين، تُربينة، عنفة: مكنةٌ تُدارُ بمائعٍ متدفّقٍ (عبر أرياشها) لتديرَ بدورها مولّدًا كهربائيًا. (turbine)
ترجيعُ الصّدى: أنظر «إصداء».
تردّد، تواتُر: عددُ الموجات التي تعبُر نقطةً محدّدةً في الثانية. (frequency)
تردّدٌ عالٍ جدًا: أمواجٌ راديويّة تردّدها بين ٣٠ و ٣٠٠ ميغاهرتز (أطوالُها من ١٠ أمتار إلى متر). (VHF)
تردّدٌ فوق العالي: أمواجٌ راديويّة تردّدُها بين ٣٠٠ و ٣٠٠٠ ميغاهرتز (وأطوالُها من متر إلى ١٠سم). (UHF)
تركيبٌ اصطناعي: أنظر «تخليق».
تركيز: قياسٌ لقوّة المحلول أي كميّة المذاب في كميّةٍ معيّنةٍ من المذيب. (concentration)
التروبوبوز، منطقة الرّكود (السُّفلى): الحدُّ بين التروبوسفير (الغلاف الجوّي السُّفلي) والستراتوسفير (الغلاف الجوّي الطبقي) حيثُ الطبقة الحراريّة الثابتة تقريبًا. (tropopause)
التروبوسفير، الغلافُ الجوّي السُّفلي: طبقةُ الجوّ السُّفلى بين سطح الأرض والستراتوسفير (الغلاف الطبقي) حيثُ تنخفضُ درجةُ الحرارة بالارتفاع؛ معدّلُ سُمكها ١٢ كيلومترًا. (troposphere)
تسارُع، عجلة: مقدارُ تغيّرِ السّرعة في وحدة الزمن. (acceleration)
تساقُط: ما يتساقطُ من الجوّ مطرًا أو ثلجًا أو بَرَدًا. (precipitation)
التسامي، التصعُّد، التصعيد: تحوّلُ المادّة الجامدة من جامدٍ إلى غازٍ مباشرةً دون المرور بحالة السّيولة. (sublimation)
تشابك عصبي: أنظر «مشبك».
تشبُّع، إشباع: حالُ المحلول عندما لا يُمكنُ إذابةُ مزيدٍ من المذاب فيه. (saturation)
تشعيع، تعريضٌ للإشعاع: إستخدامُ الإشعاع لحفظ الطعام. (irradiation)
تصحُّر: تحوّلٌ إلى صحاري (أو تكوّنُ الصحاري). (desertification)
تضريف: أنظر «تفريغ».
التصعُّد، التصعيد: أنظر «التسامي».
التصويرُ التجسيمي: طريقة لتصوير الشيء مجسّمًا (ثلاثيّ الأبعاد) على سطحٍ منبسطٍ باستخدام ضوء الليزر المشطور. (holography)
تصويل، نضّ: إستخلاصُ مادّةٍ ذوّابة من مزيجٍ بإمرار مذيبٍ في ذلك المزيج. (leaching)
تضمين: إرسالُ الإشارة بتغيير خصائص الموجة الراديوية (أي الموجة الحاملة). (modulation)
تضمينُ التردّد؛ إف إم: إرسالُ الإشارة بتغيير تردّد الموجة الحاملة - كموجةٍ راديويّةٍ مثلاً. (FM)
تضمينُ الذّروة، تضمينُ السّعة: نقلُ أو إرسالُ الإشارات بتغيير ذروة الموجة الحاملة. (AM)
تطهير: أنظر «تعقيم».
تطوّر - يتطوّر: يخضعُ لعملية التطوّر أو التطوير. (evolve)
التطوُّر: العمليّاتُ التدرّجيّة التي بها نشأت الحياةُ وتطوّرت بالتغيّرات المختلفة. (evolution)
تطوّرٌ متقارب: تطوّرُ معالمَ وميزاتٍ متماثلة في أنواعٍ مختلفةٍ بسبب تعرّضها لظروفٍ بيئيّةٍ متماثلة. (convergent evolution)
تعادل - يتعادل: أنظر «عادل».
تعادُل: أنظر «توازُن».
تعاقُب، توالٍ: عمليّةُ التحوّل من نظامٍ بيئيٍّ إلى آخر، مثلاً من مراعي عشبيّةٍ إلى غابات. (succession)
تعريضٌ للإشعاع: أنظر «تشعيع».
تعظّم - يتعظّم: يتحوّلُ إلى عظم. (ossify)
تعقيم، تطهير: جعلُ الشيء خاليًا من الجراثيم (البكتريا). (sterilization) (أنظر أيضًا: البسترة).
تغيُّر اللون بالضوء: أنظر «متغيّر اللون بالضوء».
تفاعُل (كيماوي): تغيّرٌ يُبدّلُ خصائص المادّة الكيماوية أو يُنتِجُ مادّةً جديدة. (reaction)

تفاعلٌ ماصٌّ للحرارة: تفاعلٌ كيماوي يُمتصُّ الحرارةُ خلاله من الوسط المحيط. (endothermic reaction)
تفاعل متسلسل: تفاعلٌ يستمرُّ تلقائيًا - كالتفاعل النووي الإنشطاري الذي يُنتِجُ نيوتروناتٍ تُسبّبُ بدورها انشطارَ ذرّاتٍ أخرى. (chain reaction)
تفاعلٌ نووي: تغيّرٌ يحصلُ في نواة الذرّة. (nuclear reaction)
تفاعليّة، مُفاعليّة: قدرةُ المادّة على الدخول في تفاعلٍ كيماويّ. (reactivity)
التفجّي، التكهُّف: توسّعُ الشّقوق في الصخر بفعل الهواء المضغوط. (cavitation)
تفريغ، تضريف: تسريحُ (إطلاقُ) الطاقة المختزنة أو تحويلُها. (discharge)
تفكّك - يتفكّك: أنظر «إنحلّ».
تفكّك: أنظر تحلّل.
تفلوُر: أنظر «فلوريّة».
تقطير: عمليةٌ يغلي فيها السائلُ ويتكثّفُ بخاره. يُستخدم التقطيرُ لفصل السوائل المتباينة درجة الغليان أو لتنقية السائل نفسه. (distillation)
التكاثر الجنسي: التوالُد الذي ينطوي على اتحاد مشيجٍ (عِرْسي) ذكريٍّ وآخر أنثى. (sexual reproduction)
تكاثُر لاجنسي: تكاثُرٌ بفردٍ واحدٍ فقط (شائع في النبات والحيوانات الدنيا). (asexual reproduction)
تكاثُف، تكثّف: تحوّلُ الغاز أو البخار إلى سائل. (condensation)
تكافؤ: عددُ الروابط الكيماوية التي تستطيعُ الذرّة إجراءها مع ذرّةٍ أخرى. (valency)
التكتونيات اللوحيّة: دراسةُ الانجراف القاريّ وامتداد قيعان البحار. (plate tectonics)
تكثّف: أنظر «تكاثف».
التكسير: عمليّةُ فلقِ الجزيئات (النفطيّة) الكبيرة إلى أُخر أصغر بالإحماء تحت الضغط. (cracking)
التكهّف: أنظر «التفجّي».
تكيّف: أنظر «تهايؤ».
تلاصُق: أنظر «إلتصاق».
تلوُّث: موادُّ تُوسّخُ أو تُسمّمُ الهواءَ أو الماء أو البرّ والبيئة - كالنفايات الكيماويّة من المصانع مثلاً. (pollution)
تماسُك: جاذبيّةُ التماسك بين جُسيمات المادّة نفسها. (cohesion)
التمثيلُ الضوئي: أنظر «التخليق الضوئي».
ت م ح: تصميمٌ معانٌ حاسوبيًا. (CAD)
تمويه: اللونُ والعلاماتُ والشكلُ الذي يُساعدُ الحيوانَ أو النباتَ على الاستتار في بيئته. (camouflage)
التناسُل العُذري: التوالُد أو التكاثُر بدون تزاوج. (parthenogenesis)
تناضُح، انتشارٌ أزموسي: إنتقالُ الماء عبر غشاءٍ نصف منفذ من محلولٍ خفيضِ التركيز إلى آخرَ عالي التركيز. (osmosis)
التنجيم: مبحثُ تأثير حركات النجوم والكواكب في حياة الإنسان. (astrology)
التنفّس: عمليّةٌ تأخذُ بها الكائناتُ الحيّةُ الأكسجين وتستخدمه لتفكيك الطعام وتحليله منتجةً ثاني أكسيد الكربون وطاقة. (respiration)
التنفّسُ الحيواني: نوعٌ من التنفّس يتطلّبُ وجودَ الأكسجين. (aerobic respiration)
تنفّسٌ لاحيواني، تنفّس لاهوائي: نوعٌ من التنفّس لا يتطلّبُ تواجُدَ الأكسجين، وهو يُنتجُ طاقةً أقلّ من التنفس الحيواني. (anaerobic respiration)
تهايؤ، تكيّف: نمطُ التغيّرات التي تطرأ على النبات أو الحيوان على مدى أجيالٍ عديدة ليُصبحَ أفضلَ موائمةً للعيش في بيئةٍ معيّنة. (adaptation)
تواتُر: أنظر «تردّد».
توازُن، اتّزان، تعادُل: حالةُ التوازُن فيزيائيًا أو كيماويًا. (equilibrium)
توالٍ: أنظر «تعاقب».
التوالُد الجنسي: أنظر «التكاثُر الجنسي».
التوتُّر السطحي: ظاهرةٌ يبدو بها سطحُ السائل وكأنّهُ ذو غشاءٍ مرن؛ وسببُ ذلك قوى التماسُك بين الجزيئات السطحيّة. (surface tension)
توصيل، نقل: إنتقالُ الحرارة أو الكهرباء عبر المادّة. (conduction)
توليف: أنظر «تخليق».
تيّارٌ حراريٌّ صاعد: تيّارُ هواءٍ ساخنٌ صاعدٌ في الجوّ. (thermal)
تيّار كهربائي: سريانُ الإلكترونات أو الأيونات. (electric current)
تيّار متردّد: أنظر «تيّار متناوب».
تيّارٌ متناوب: تيّارٌ كهربائي ينعكسُ اتجاهه بانتظامٍ على تردّدٍ محدّد. (alternating current) (أنظر للمقارنة: تيّار مستمر).
تيّار مستمر: تيّارٌ كهربائي يسري في اتجاهٍ واحدٍ فقط. (direct current) (قارن «تيّار متناوب»).

تيارٌ نفّاث: تيارٌ هوائيٌ قويٌ يدورُ حولَ الأرض (بموازاة خُطوط تساوي الضغط) على ارتفاع قُرابة ٦ كيلومترات من سطحها. (jet stream)

تيفون: إعصارٌ مداريٌ في المُحيط الهادي. (typhoon)

ث

الثابتُ الشمسيّ: كميةُ الطاقة الحراريّة من الشمس الساقطة على مساحةٍ مُعيّنة من سطح الأرض (حوالى ٠٫١٣٤ جول/سم² في الثانية - خارج الجوّ). (solar constant)

ثالثُ فُسفات الأدينوسين: مُركّبٌ كيماويٌ يختزنُ الطاقة في خلايا النباتات والحيوانات. (ATP)

ثاني فُسفات الأدينوسين: مُركّبٌ ينتجُ عندما يُطلِقُ ثالثُ فُسفات الأدينوسين طاقة. (ADP)

ثرمستور، مُقاوِمٌ حراري: مُقاوِمٌ كهربائي تتغيّرُ مُقاومتُه بتغيُّر درجة الحرارة. (thermistor)

ثرموسفير، الغلافُ الحراري: القسمُ من جوّ الأرض بين الميزوسفير (الغلاف المُتوسّط) والإكسوسفير (الغلاف الخارجي). (thermosphere)

ثُغيرة، ثُويبة: فُتحةٌ دقيقةٌ في ورقة أو ساقِ النبات يعبُرُ منها بُخارُ الماء والغازات. (stoma)

ثقبٌ أسود: جرمٌ عالي الكثافة جدًا في الفضاء - جاذبيّتُه من الشدّة بحيثُ يجذبُ أيَّ شيءٍ حواليه حتى الضوء - لذا يبدو أسود. (black hole)

ثِقل: أنظر «وزن».

ج

جاذبيّة (١) قُوّةُ التجاذُب بين كُتلتين. (gravity)
(٢) جاذبيّةُ الأرض التي تشدُّ إليها كلَّ الأجسام فتكسبُها ثقالةً أو وزنًا. (gravity)

جَبهة: مُقدّمُ كُتلةٍ قادمةٍ من الهواء البارد أو الساخن. (front)

جُبيلةُ اليخضور: إحدى جُسيماتٍ دقيقةٍ في خلايا النباتات الخضراء تحوي اليخضور (الكلوروفيل). (chloroplast)

الجدولُ الدوري (للعناصر): جدولٌ بجميع العناصر مُرتّبةً حسَبَ أعدادِها الذرّيّة. (periodic table)

جُرثوم: عُضيٌ مجهريٌ أحاديُّ الخليّة. وهو واحدُ الجراثيم أو البكتيريا. (bacterium «pl. bacteria»)

جَرْس، طابعُ الصوت: نوعيّةُ الصوت المُوسيقي. (timbre)

جِرْمٌ سماوي، جِرم فلكيّ: جسمٌ طبيعيٌ في الفضاء كالنّجم أو الكوكب. (celestial body)

جُزَيء: أصغرُ وحدةٍ من عُنصرٍ أو مُركّبٍ تتواجدُ مُستقلّةً، ويتألّفُ الجُزيءُ من ذرّتين على الأقلّ. (molecule)

جُزَيءة غرامي: أنظر «مول».

جسمٌ مُضاد، ضِدّ: بروتينٌ في الدم يَقي الجسم بمُكافحة الأجسام الغريبة كالبكتيريا والفيروسات. (antibody)

جُسيم: دقيقةٌ (أو جُسيمةٌ صغيرةٌ جدًا) من المادّة. (particle)

جُسيمٌ دونَ الذرّي: جُسيمٌ أصغرُ من الذرّة، كالبروتون أو النيوترون مثلًا. (subatomic particle)

جُسيمٌ ريبي: أنظر «ريباسة».

جَفاف، قَحْط: إنحباسُ المطر لفترةٍ طويلة. (drought)

جفّفَ - يُجفّفُ، نَشّفَ: يُجفّفُ مادّةً تمامًا بنزْعِ الماء منها. (dessicate)

جليدٌ أسود: جليدٌ صلدٌ رقيقٌ شفّاف - بخاصّةٍ على سطح طريق. (black ice)

جَماعة، مَجموعة (بيئيّة): جماعةٌ من الناس أو الحيوانات تعيشُ في الموقع نفسه. (community)

الجُملة اللمفيّة: شبكةٌ من الأنابيب والأعضاء الصغيرة تحملُ سائلَ اللمف من خلايا الجسم إلى مجرى الدم. (lymphatic system)

جَهارة: مقياسُ حجم أو ارتفاعِ الصوت. (volume)

جهازُ تَرشيح: أنظر «مُرشِّح».

جُهْد، مجهود: قُوّةٌ تُبذَلُ أو تُسلّطُ لتحريكِ ثِقْلٍ. (effort)

جَوّ: طبقةُ الغازاتِ المُحيطة بكوكب. (atmosphere)

جُول: وحدةُ طاقة (= واط ثانية). (joule)

جيروسكوب، بوصلة دوّارة: دولابٌ سريعُ الدوران يظلُّ محورُه يُشيرُ إلى الاتجاه نفسه ما دام دوّارًا. تُستخدمُ البوصلةُ الجيروسكوبيّة في ملاحة السُفن والطائرات. (gyroscope)

جينة، مُوَرِّثة: جُزءٌ من الكروموسوم (الصِّبغي) يتحكّمُ في صفةٍ مُعيّنةٍ من صفات الفرد. (gene)

الجيومورفولوجية: دراسةُ شكل الأرض وتضاريسها وتطوُّرها. (geomorphology)

ح

حاثّة: أنظر «هرمون».

حالٌ أو مُفكّكٌ عضوي: مُتعضٍّ دقيقٌ كالبكتيريا يُفكّكُ المادّةَ الميّتة. (decomposer)

حامِض، حَمْض: مُركّبٌ يحوي الهدروجين ينحلُّ في الماء ليُعطي أيونات الهدروجين. (acid)

الحامضُ النوويُ الريبيّ المنقوصُ الأكسجين: أنظر «د ن أ».

حَتّ، تَحات: تآكلُ سطح الأرض وتفتّتُه نتيجةً لتأثيرات الطقس والماء والجليد. (erosion)

حَتّ (طبيعي): إنحتاتُ السطح بفعل الصخور المحمولة في الجليد أو الماء. (corrasion)

حَتّ (كيماوي)، إنتكال: إنتكالُ سطح الفلزّ كيماويًا. (corrosion)

حَثّ، تحريض: تَوليدُ تيّارٍ كهربائيٍ بمجالٍ مغنطيسيٍ مُتغيّر. (induction)

حجْم: مقدارُ الحيّز الذي تشغلُه المادّةُ أو الجسم. (volume)

الحرارةُ الكامنة: الحرارةُ اللازمة لتحويل الجامد إلى سائل أو السائل إلى غاز دونَ تغيير في درجة الحرارة. (latent heat)

الحركةُ البراونيّة، نغشان: الحركةُ العشوائيّةُ للجُسيمات الدقيقة في سائلٍ أو غازٍ بسبب تصادُم الجُزيئات بعضِها مع بعض. (Brownian movement)

حفّاز: مادّةٌ كيماويّةٌ تُسرّعُ التفاعُلَ الكيماوي بوساطتِها دونَ أن يطرأ عليها تغيُّرٌ في نهاية التفاعُل - فهي عاملٌ مُساعِدٌ فقط. (catalyst)

حَفْريّة: أنظر «أحفورة».

حُلولٌ حيويًا: أنظر «تَروكٌ حيويًا».

حُمَة (ج. حُمات): أنظر «فيروس».

حُمْري: أنظر «فيري».

حمض: أنظر «حامِض».

الحَمْل (الحراري): إنتقالُ الحرارة في مائعٍ بواسطة التيّارات داخلَ المائع. (convection)

الحِملُ الأجر: المُعدّاتُ (مثلًا سائل فضائي) التي تحملُها المركبةُ الفضائيّة إلى الفضاء. (payload)

حُمُوّ عالمي: تسخُّنُ جوّ الأرض بتأثيرِ ظاهرة الدفيئات. (global warming)

حُويصلة خيطيّة، كيسة خيطيّة: خليّةٌ لاسِعةٌ ينطلِقُ منها خيطٌ ملتفٌّ طويل كما في شقيق البحر. (nematocyst)

حُويصلةٌ رئويّة: إحدى الكييسات الهوائية الدقيقة الكثيرة العدد في الرئة. (alveolus «pl. alveoli»)

حيّد - يُحيّدُ: أنظر «عادَل».

حيمين: أنظر «فيتامين».

حيوانٌ فقاري: أنظر «فقاري».

حيوانٌ ليلي النشاط: أنظر «ليليّ».

حيود: أنظر «انعراج».

حيْوم: نطاقٌ بيئيٌ كبير - مثلًا غابة مداريّة أو صحراء. (biome)

حيويُ التولّد: تُنتِجُه المُتعضّيات. (biogenic)

حيّ مجهري: أنظر «مُتعضٍّ مِجهري».

خ

الخاصّة الشَّعريّة: أنظر «شَعريّة».

خام، رِكاز: صخرٌ طبيعيٌ يُمكنُ استخراجُ فِلزّاتٍ منه. (ore)

الخَرائطيّات: عِلمُ رَسْم الخرائط. (cartography)

خَرْج، مُخْرَج: المعلوماتُ المُحصّلة من الحاسوب. (output)

الخَزَفيّات: أشياءُ مصنوعةٌ من الطين أو الصّيني ومشويّةٌ في الأتون. (ceramics)

خُسوف أو كُسوف: حَجْبُ جرمٍ فلكيٍ بظلّ جرمٍ آخر. (eclipse)
(أنظر «خُسوفُ القمر» و«كُسوفُ الشمس»).

خُسوفُ القمر: تحوّلُ القمر في ظلّ الأرض فلا يُرى. (lunar eclipse)

خشب: أنظر «نسيجٌ خشبيّ».

خَشبين: أنظر «لِغْنين».

خِضْب، خِضاب: مادّةٌ تُكسِبُ الموادَّ لونًا (لكنّها بخلاف الصّبغ لا تذوبُ فيها). (pigment)

خطُّ الاستواء: خطٌّ وهميٌ حولَ وسط الأرض بين القُطبين الشمالي والجنوبي على بُعدٍ مُتساوٍ من كليهما. (Equator)

خطُّ تساوي الرّجفة (أو الزّلزلة): خطٌّ على خريطة يَصِلُ المواقعَ التي تساوت (أو تتساوى) فيها رَجفةُ أو شِدّةُ الزّلزال. (isoseism)

خطُّ تساوي الضغط: أنظر «أيْسوبار».

خطُّ الطول، قوسُ الطول: قياسُ المسافة حولَ الأرض بالدّرجات. خُطوطُ الطول هي خُطوطٌ (أقواسٌ) وهميّةٌ تُرسمُ على سطح الأرض بين القُطبين. الخطُّ المارُّ بجرينتش بُعدُه (ودرجتُه) صِفر. (longitude)

خطُّ العَرض، عَرْض (جُغرافي): قياسُ البُعد عن خطّ الاستواء (٩٠° للقُطبين وصِفر لخطّ الاستواء). خُطوطُ العَرض هي خُطوطٌ وهميّةٌ تُرسمُ حوالَي الأرض مُوازيةً لخطّ الاستواء. (latitude)

خُطوطُ فراونهوفر: خُطوطٌ سوداءُ في الطيف الشمسيّ سببُها امتصاصُ عناصرَ في غازات الشمس لأطوالٍ موجيّةٍ مُعيّنة من الضوء. (Fraunhofer lines)

خَلوط: أنظر «مَزوج».

خَليّة (١) أصغرُ وحدةٍ في المُتعضّي ذاتُ كيانٍ حيويٍّ قائمٍ بذاته. (cell)
(٢) نُبيطةٌ فُلطائيّةٌ تُنتِجُ الكهرباءَ بالتغيُّرات الكيماويّة. (cell)

خليّةٌ بدائيّةُ النواة: خليّةٌ لا نواةَ (مُتميّزةً) فيها. (prokaryotic cell)

خليّةٌ ثُنائيّةُ الصِّبغيّات: أنظر «خليّة ضِعفانيّة».

خليّة جِنسيّة: أنظر «مَشيج». (sex cell)

خليّة حقيقيّةُ النواة: خليّةٌ ذاتُ نواة. (eukaryotic cell) (قارِن «خليّة بدائيّة النواة»).

خليّةٌ ضِعفانيّة: خليّةٌ ذاتُ مجموعتين كاملتين من الصِّبغيّات (الكروموسومات). (diploid cell)

خليّة فَرْدانيّة (الصِّبغيّات): خليّةٌ ذاتُ مجموعةٍ أحاديّةٍ (فرديّة) من الكروموسومات (الصِّبغيّات). (haploid cell)

خليّة فُلطائيّة: أنظر «خليّة (٢)».

خليّة (كَهْر) ضَوئيّة: نُبيطةٌ إلكترونيّةٌ تُولّدُ الكهرباءَ عند سُقوطِ ضوءٍ عليها (كما الحاسِبة التي تعملُ بالقُدرة الشمسيّة). (photocell)

خليّةٌ لِقْفيّة: أنظر «بلعميّة».

خَليون: أنظر «سليلوز».

خَواء: أنظر «فَراغ».

خُوط، خيطٌ فُطْري: أحدُ الخُيوط الدقيقة التي تؤلّفُ الجسمَ الرئيسيّ للفُطر. (hypha)

الخيمياء: عِلمُ الكيمياء القديمة الذي استهدفَ بشكلٍ خاصّ تحويلَ المعادنِ الرخيصة كالرصاص إلى ذهب. (alchemy)

د

دارَ - يدورُ (في مدار): أنظر «مدار».

دارة، دائرة كهربائيّة: مسارٌ يُمكنُ أن يدورَ فيه تيّارٌ كهربائي. (circuit)

دارة مُتكامِلة أو مُكمّلة: دارةٌ كهربائيّةٌ دقيقة تتألّفُ من مُقوِّماتٍ مُثبّتةٍ في رُقاقةٍ سليكونيّة. (integrated circuit)

دارِئ (١) مَحلولٌ مُقاوِمٌ للتغيُّرات في الأُسّ الهدروجيني. (buffer)
(٢) دارةٌ كهربائيّةٌ تُستخدمُ لوَصلِ دارتين أُخريين. (buffer)

دائرةُ البروج، منطقة البروج: الكوكباتُ (أو البروج) الاثنا عشرة التي تُرى في السماء. (Zodiac)

دائرة كهربائيّة: أنظر «دارة».

دايود، صِمامٌ ثُنائي: نُبيطةٌ إلكترونيّة، في جهاز، تَسمحُ بمرورِ الكهرباء في اتجاهٍ واحدٍ فقط. (diode)

الدِّثار: طبقةٌ ثخينةٌ صخريّةٌ كثيفةٌ تحتَ القشرة الأرضيّة. (mantle)

دَخْل، مُدخَل: المُعطياتُ أو المعلومات التي يُغذّى بها الحاسوب. (input). ويُطلق أيضًا على الدخل في أي آلة.

درجةُ الحرارة: مقياسُ لسُخونةِ الشيء أو برودتِه النسبيّة. (temperature)

درجةُ الغَليان: أنظر «نُقطة الغليان».

درجةُ النَّغَم، طبقةُ الصّوت: خاصّيّةُ الصوت التي تجعلُه عاليَ الحِدّة أو خفيضَها. (pitch)

دَروكٌ حيويًا: صفةٌ للمادة التي تنحلُّ فتصبحُ عديمةَ الأذى طبيعيًا. (biodegradable)

دفعٌ رافِع، دفعٌ عُلوي: قُوّةُ دفعِ المائع إلى أعلى على جسمٍ مغمورٍ فيه (كُلّيًا أو جزئيًا). (upthrust)

دفعٌ نافوري: أنظر «دفعٌ نفّاث».

دفعٌ نفّاث: دفعُ الكُتلة إلى الأمام باندفاعِ تيّارِ مائعٍ إلى الخَلف. (jet propulsion)

دليلُ الانكسار: أنظر «مُعامِلُ الانكسار».

دليل (كيماوي): أنظر «كاشِف».

د ن أ، الحامِضُ النوويُ الريبيّ المنقوصُ الأكسجين: المادّةُ الكيماويّة التي تؤلّفُ الصِّبغيّات وتوجدُ في جميع الخلايا. باستطاعة د ن أ مُضاعفةُ نفسِه لينقُلَ المعلوماتِ الوراثيّة (الجينيّة) من الوالِد إلى الولد. (DNA)

دِنمو (دينامو)، مُوَلِّد (كهربائي): مُوَلِّدٌ ينتجُ تيّارًا (كهربائيًا) مُستمِرًّا. (dynamo)

دواةٌ تفويهيّ: أنظر «مُقَل».

دورةُ الكربون: دورةُ الكربون (الموجود في ثاني أكسيد الكربون) من الجوّ إلى النباتات (مُحتبِسًا في الكربوهدرات بالتخليق الضوئي) إلى الحيوانات (التي تأكلُ النباتات) ثمّ إلى الجوّ (بالتنفُّس والانحلال). (carbon cycle)

دويُّ جدار الصوت، فرقعةٌ صوتيّة: دويُّ اختراق جدار الصوت تُحدِثُه الأمواجُ الصوتيّةُ المُنبعثةُ من جسمٍ تتجاوزُ سُرعتُه سُرعةَ الصوت. (sonic boom)

ديسيبل: وَحدةُ قياسِ جهارةِ الصوتِ. (decibel)

ذ

ذاتيُّ الاغتذاء: نباتٌ يقومُ بصُنعِ غذائه بنفسِه في عمليّةِ التخليقِ الضوئي. (autotrophic)

ذاكرةُ قراءةٍ فقط: أنظر «زم».

ذاكرةُ الوصولِ العشوائي: رقائقُ ذاكرةِ الحاسوبِ حيثُ تُخزَّنُ المعلوماتُ وتُستعادُ – لكنَّ هذه المعلوماتِ تُفقَدُ عند قفلِ الحاسوب. (RAM)

الذائب: أنظر «المُذاب».

ذَبذَبة: أنظر «اهتزاز».

ذَرّة: أصغرُ جُزءٍ من العُنصرِ يبدي خصائصَ ذلك العُنصر. تتألّفُ الذرّةُ من نواةٍ، تضمُّ بروتوناتٍ ونيوترونات، ويُحيطُ بها إلكتروناتٌ مُدوِّمة. (atom)

ذُروة: أنظر «سعة».

ذو فلقتين: نباتٌ زهريٌ من ذواتِ الفلقتين. (dicotyledon)

ذُؤابة، ذَنَبٌ هاليّ: سَحابةٌ من الغازِ والغُبارِ تُحيطُ بمركزِ الذَّنَب. (coma)

ذوبانيّة، ذُؤوبيّة: قُدرةُ المُذابِ (المادة المُذابة) على الذوبان. (solubility)

ر

رابطة: التجاذُبُ بين الذرّاتِ أو الأيوناتِ التي يَشُدُّها معًا في بلّورةٍ أو جُزَيءٍ. (bond)

رابطة أيونيّة: ترابُطٌ كيماويٌّ يتمُّ بانتقالِ إلكترونٍ أو أكثر من ذرّةٍ إلى أخرى ممّا ينتُجُ عنه تكوُّنُ أيونَيْنِ متضادَّي الشّحنةِ يجذِبُ واحدُهما الآخر. (ionic bond)

رابطة فِلِزّيّة: ترابُطٌ بين ذرّتَي فلزّين، فتدورُ إلكتروناتُ الفلزِّ بحُرّيّةٍ حولَ الذرّتين. (metallic bond)

رابطة كيماويّة: أنظر «رابطة». (chemical bond)

رادار: الكَشفُ وتحديدُ المدى الراديوي – وسيلةٌ لِكَشفِ الأشياءِ (البعيدة) بإرسالِ أمواجٍ راديويّةٍ والتقاطِ أصدائها. (radar)

راسب، رُسابة: جُسَيماتٌ جامدةٌ دقيقةٌ في سائلٍ (نتيجةَ تفاعُلٍ كيماوي) تتجمَّعُ في القاع. (precipitate)

رائد فضاء: شخصٌ دُرِّبَ كأحدِ أفرادِ طاقمِ سفينةٍ فضائيّة. (astronaut)

رِباط: رِباطٌ قصيرٌ من نسيجٍ غرونيٍّ (قابلٍ للتثنّي) يشُدُّ العظامَ والمفاصلَ معًا. (ligament)

رجْم، حجرٌ نيزكي: قطعةٌ من الصخرِ أو المعدنِ الفِلِزّي تدخُلُ جوَّ الأرضِ وتبلُغُها دونَ أن تحترقَ بالكامل. (meteorite)

رَحلانٌ كهربائي: أنظر «إشراقٌ كهربائي».

رحيق، مُعْطِر: سائلٌ حُلوٌ يُوجَدُ في أزهارِ بعضِ النباتات. (nectar)

ردُّ فعل: قوّةٌ تُساوي أخرى في المقدارِ وتُضادُّها في الاتجاه. لكلِّ فعلٍ ردُّ فعلٍ مُساوٍ له في المقدارِ ومُضادٌّ له في الاتجاه. (reaction)

رُسابة: أنظر «راسب».

رُطوبة: كميّةُ بُخارِ الماءِ في الهواء. (humidity)

الرُّغامى، القصبة الهوائيّة: الأنبوبُ الرئيسيُّ الذي يحمل الهواءَ إلى (ومِنَ) الرئتين. (trachea)

رَفْع: قوّةُ دفعٍ من أسفلَ إلى أعلى تنتُجُ من فرقِ سُرعةِ الهواءِ وضغطِه على سطحَي الجناحَين العُلويِّ والسُّفليِّ في الطائرة. (lift)

الرقمُ الهدروجيني: أنظر «الأسّ الهدروجيني».

رَقمي: تَمثيلُ كميّةٍ بإشاراتٍ كهربائيّةٍ تشيرُ إلى أحدِ وضعَين: قفلٍ أو فتحٍ. (digital)(قارِن «نظيري»).

ركاز: أنظر «خام».

رُكامُ المثالج: صُخورٌ وأنقاضٌ تخلّفُها المثالج. (moraine)

رَم، ذاكرةُ قراءةٍ فقط: ذاكرةٌ حاسوبيّةٌ تختزنُ المعلوماتِ الدائمة، بحيثُ يُمكنُ استعادتُها ولا يُمكنُ تغييرُها. (ROM)

رمّام، كائنٌ رمّام: متعضٍّ، كالفُطْرِ أو البكتريا، يعيشُ على المادّةِ الميّتةِ أو المُتحلّلةِ المُتفسّخة. (saprophyte)

رنين: اتساعُ ذبذباتِ الجسمِ المُهتزِّ عندما تتوافقُ اهتزازاتُه مع تردُّدِه الطبيعي. (resonance)

روبوت: مَكَنةٌ حاسوبيّةُ التحكُّمِ تعملُ تلقائيًا. (robot)

رِياء، شَرْم: خليجٌ ضيّقٌ ينتُجُ من انخفاضٍ أو انغمارِ وادي النهر. (ria)

الرّياحُ التجاريّة: رياحٌ تهُبُّ بانتظامٍ نحو خطِّ الاستواءِ من الشّمالِ الشرقي والجنوبِ الشرقي. (trade winds)

الرّياحُ الشرقيّة: رياحٌ رئيسيّةٌ تهُبُّ من الشرق. (Easterlies)

الرّياحُ الغربيّة: رياحٌ رئيسيّةٌ تهُبُّ من الغرب. (Westerlies)

رِيباسة، جُسَيمٌ ريبي: أجسامٌ كُرويّةٌ دقيقةٌ في هَيُولى (سيتوبلازم) الخلايا تُصنَعُ فيها البروتينات. (ribosome)

ريحٌ دُوّاميّة: أنظر «زَوبعة».

ريحٌ موسميّة: ريحٌ قويّةٌ يتغيّرُ اتجاهُها موسميًا، تحمِلُ معها مطرًا غزيرًا من البحرِ إلى مناطقَ كالهندِ وبنغلاديش. (monsoon)

ريوستات، مُقاوِمة مُتغيّرة، ناظِمُ التيار: مُقاوِمٌ يُمكنُ تغييرُ مُقاوَمتِه. (rheostat)

ز

زاويةُ الانعكاس: الزاويةُ التي يكوّنُها الشُّعاعُ المُنعكسُ مع الخطِّ العموديِّ على السطحِ العاكِس. (angle of reflection)

زاويةُ السُّقوط: الزاويةُ التي يكوّنُها شُعاعُ الضوءِ مع الخطِّ العموديِّ على السطحِ الساقطِ عليه. (angle of incidence)

زاويةُ الورود: أنظر «زاويةُ السُّقوط».

زَخْم: أنظر «كميّةُ التحرُّك».

زُمير: أنظر «أيسومير».

زُهُوّ: أنظر «سُطوع».

زَوبعة، ريحٌ دُوّاميّة: عمودٌ هوائيٌّ مُدوِّمٌ بسُرعةٍ يتحرّكُ فوقَ اليابسةِ أو الماء. (whirlwind) (أنظر «إعصار»).

زُوغ (ج. زوجن)، شاهدٌ صخري: كتلةٌ صخريّةٌ مُعلّقةٌ بالحتِّ الريحيِّ على أسفلِها الأقلِّ صلابة. (zeuge «pl. zeugen»)

زيوليت: مُركّبٌ طبيعيٌّ أو صُنعيٌّ من سليكاتِ الألومنيومِ المُميّاةِ والمعادنِ القلويّةِ يُستخدَمُ كمادّةٍ حفّازةٍ أو كمُرشِّحٍ جُزيئاتٍ في عمليّةِ تيسيرِ الماءِ العَسِر مثلًا. (zeolite)

س

سابرٌ فضائي: مَركبةٌ فضائيّةٌ غيرُ مأهولةٍ تُرسَلُ من الأرضِ لتفقُّدِ النظامِ الشمسي. (space probe)

ساتل، تابع، قمر: جِرمٌ يدورُ حولَ كوكبٍ سيّار. هُناك توابعُ أو أقمارٌ طبيعيّةٌ (كالقمرِ مثلًا) وسواتلُ أو أقمارٌ صُنعيّةٌ (كالسُّفُنِ الفضائيّةِ التي تُوضَعُ في مداراتٍ حولَ الأرضِ لتعكِسَ الإشاراتِ الراديويّة). (satellite)

سائل: أنظر «هيدرولي».

سُباتٌ شتوي، كُمونٌ شتوي: نومٌ عميقٌ أو فترةُ توقُّفِ الأنشطةِ الحركيّةِ وتباطُؤِ الأنشطةِ الحيويّةِ – تمُرُّ بها بعضُ الحيواناتِ لتجاوُزِ فصلِ الشتاء. (hibernation)

سُباتٌ صيفي: نومٌ عميقٌ أو توقُّفٌ عن الحركةِ شاملٌ تُمارِسُه بعضُ الحيواناتِ صيفًا – عند اشتدادِ الحرِّ والجفاف. (aestivation)

سَبيكة: أنظر «أشابة».

سَبيكةُ لِحام: أنظر «لِحام».

ستراتوبوز، الفاصلُ الطبقي: الحدُّ بين الستراتوسفير (الغلافِ الطبقي) والميزوسفير (الغلافِ المتوسّط). (stratopause)

الستراتوسفير، الغلاف (الجوّي) الطبقي: القسمُ من الغلافِ الجوّي بين التروبوسفير (الغلافِ السُّفلي) والميزوسفير (الغلافِ المتوسّط). (stratosphere)

سَديم، غيمةٌ سديميّة: سَحابةٌ من الغُبارِ والغازِ في الفضاء. (nebula)

سَراب: خِداعٌ بصريٌّ سببُه انحناءُ الضوءِ عبرَ طبقاتِ الهواءِ المُتباينةِ الكثافة. (mirage)

سُرعة (اتّجاهيّة): السُّرعةُ في اتجاهٍ مُعيّن. (velocity)

سُرعةُ الإفلات: السُّرعةُ الدُّنيا التي يجبُ أن يبلُغَها الصاروخُ الفضائيُّ ليُفلِتَ من جاذبيّةِ الأرضِ (=١١،٢ كيلومتر في الثانية). (escape velocity)

سطحُ انسيابٍ رافع: شكلٌ خاصٌّ لجناحِ الطائرةِ – سطحُه العُلويُّ أكثرُ تقوُّسًا من السطحِ السُّفلي، يُحدِثُ رفعًا خلالَ تحرُّكِه في الهواء. (aerofoil)

سطحُ الشمسِ النيِّر، فوتوسفير: سطحُ الشمسِ المنظورُ الذي ينطلقُ منه كلُّ نورِها تقريبًا. (photosphere)

سطحٌ هلالي: أنظر «هلالة».

سُطوع، قُدرة ضيائيّة، زُهُوّ: كميّةُ الضوءِ المُنبعثِ من جسمٍ، كنجمٍ مثلًا. (luminosity)

سَعة، ذُروة: سَعةُ الذبذبةِ أو ارتفاعُ الموجةِ – كموجةٍ صوتيّةٍ مثلًا. (amplitude)

سَعةُ المُكثِّف: أنظر «مُواسعة».

سُعْر: أنظر «كالوري».

سُكَّرُ اللبن: أنظر «لكتوز».

السُّكَّريات: مجموعةٌ من الكربوهدراتِ الذوّابةِ الحُلوةِ المذاق. (sugars)

سِلسلةٌ غذائيّة: سِلسلةٌ من المُتعضّياتِ يغتذي واحدُها بالذي يليه. (food chain)

السِّليكا: ثاني أكسيدِ السِّليكون – مُركّبٌ أبيضُ أو عديمُ اللونِ يتواجدُ طبيعيًا، من أنواعِه المَروُ (الكوارتز). (silica)

سِلِّيلوز، خُليوز: كربوهدراتٌ يتكوّنُ جدرانُ الخلايا النباتيّة. (cellulose)

السّمعيّات: انتقالُ الصوتِ داخلَ قاعةٍ أو حُجرة. (acoustics)

سنةٌ ضوئيّة: مسافةُ ما يقطعُه الضوءُ في سنة، ومقدارُها ٩،٥ مليون مليون كيلومتر. (light year)

سِنْخ: عُشَيْشُ السِّنِّ وأصلُه. (alveolus) ويطلقُ على الحُوَيصلةِ الرئويةِ أيضًا.

سُونار: «مِلاحة ومسبرٌ صوتي» – وسيلةٌ لاكتشافِ الأجسامِ والملاحةِ تحتَ الماءِ بإرسالِ الأمواجِ الصوتيّةِ وتلقّي أصدائها. (sonar)

سُوَيداءُ البِزرة: أنظر «إندوسْپيرم».

سُوَيداءُ الظِّل: أنظر «ظل».

سيال: الطبقةُ السَّطحيّةُ من القشرةِ الأرضيّةِ الغنيّةُ بالسِّليكا والألومنيوم. (sial)

سيتوبلازم: أنظر «هَيولى الخليّة».

سيرن: مركزُ الأبحاثِ للمُنظّمةِ الأوروبيّةِ للأبحاثِ النوويّةِ في جنيف. (CERN)

سيزْمومتر، مِرجاف: نبيطةٌ تُسجّلُ الاهتزازاتِ الأرضيّة، كتلك الناتجةِ عن الزلازل. (seismometer)

سيما: الطبقةُ السُّفلى من الغلافِ الصخريِّ الغنيّةُ بالسِّليكا والمغنسيوم. (sima)

ش

شاردة: أنظر «أيون».

شاردةٌ سالبة: أنظر «أنيون».

شاردةٌ مُوجبة: أنظر «كاتيون».

شاهدٌ صخري: أنظر «زُوغ».

شبكةٌ غذائيّة: منظومةُ السلاسلِ الغذائيّةِ في نظامٍ بيئي. (food web)

شِبهُ الظِّل: ظُلَيلٌ (ظِلٌّ جُزئي)، بخاصّةٍ حولَ ظِلِّ القمرِ (أو الأرض) عند الكُسوفِ (أو الخُسوف). (penumbra)

شِبهُ مُوصِل: مادّةٌ مُقاوَمتُها وسطٌ بين المُوصِلِ والعازِل. (semiconductor)

الشُّبيكةُ الهَيُوليّةُ الباطنة: منظومةٌ من الأغشيةِ في خليّةٍ تجري فوقَها التفاعُلاتُ الكيماويّة. (endoplasmic reticulum)

شَرْم: أنظر «رِياء».

شِريان: وعاءٌ دمويٌّ يحمِلُ الدمَ من القلبِ إلى أجزاءٍ أخرى من الجسم. (artery)

شَعريّة، الخاصّةُ الشعريّة: حركةُ السائلِ صُعودًا أو نزولًا في أنبوبٍ بفعلِ التجاذُبِ بين جُزيئاتِه وجُزيئاتِ الأنبوب. (capillary action) أو «capillarity»

شُعيري، وعاءٌ شُعري: وعاءٌ دمويٌّ دقيقٌ يحمِلُ الدمَ من الخلايا وإليها. (capillary)

شَفّ، شفّاني: شِبهُ شفّافٍ يسمحُ لبعضِ الضوءِ بالمرور، لكنْ لا تُرى الأشياءُ جليّةً عبرَه. (translucent)

شفّاف: يسمحُ بمرورِ كلِّ الضوءِ تقريبًا بحيثُ تُرى الأشياءُ عبرَه بوضوح. (transparent)

شكلٌ تآصُلي أو مُتآصِل: أشكالٌ مُتباينةٌ للعُنصرِ نفسِه – مثل الألماسِ والغرافيت كأشكالٍ مُتآصِلةٍ للكربون. (allotrope)

شِهاب: أنظر «نيزك».

شُواظ (شمسي): كُتلةٌ من الغازِ المُتوهّجِ المُنطلقِ من الشمسِ بعيدًا في الفضاء. (prominence)

ص

صاعدة (كهربيّة): أنظر «أنيون».

صِباغ: أنظر «صِبغ».

صَبّة، قالبٌ مصبوب: تجويفٌ صخريٌّ تشكّلَ حولَ حيوانٍ أو نباتٍ ثم تجمّعت فيه المعادنُ وتصلّبت بعد تحلُّلِه مُكوّنةً أُحفورة. (cast)

صِبغ، صِباغ، صِبغة: مادّةٌ تُلوَّنُ بها المواد. (dye)

صِبغٌ مُرسَّخي: صِبغٌ يحتاجُ إلى مُرسِّخٍ لتثبيتِه. (mordant dye)

صِبغة: أنظر «صِبغ».

صِبغي: أنظر «كروموسوم».

صحنٌ مُكافئيُّ المقطع: طبقٌ مُشكّلٌ بحيثُ يجمعُ الأمواجَ الصوتيّةَ أو الكهرمغنطيسيّةَ ويُركّزُها. (parabolic dish)

صخرٌ إنبساسي: أنظر «لاكوليت».

صخرٌ بُركاني: أنظر «صخرٌ ناري».

صخرٌ تحوُّلي (أو مُتحوِّل): صخرٌ تحوّلَ في باطنِ الأرضِ بفعلِ الحرارةِ والضغطِ الشديدين. (metamorphic rock)

صخرٌ ناري، صخرٌ بُركاني: صخرٌ تكوّنَ ببرودِ الصُّهارةِ وتجمُّدِها. (igneous rock)

صُخورٌ رُسوبيّة: صُخورٌ تتكوّنُ بترسُّبِ فُتاتٍ من المادّةِ إلى قاعِ البحرِ أو البُحيرة، مؤلِّفةً طبقاتٍ تتجمّعُ معًا على مدى الزمن. (sedimentary rocks)

صدى: الصوتُ يُسمَعُ ثانيةً بانعكاسِ تموُّجاتِه عن جسمٍ صُلب. (echo)

صَدْع: تصدُّعٌ أو فلقٌ في القشرةِ (قشرةِ الأرض). (fault)

الصِّفرُ المُطلق: درجةُ الصِّفرِ المُطلقِ هي أدنى درجةِ حرارةٍ مُمكنةٍ = صفر كلفن أو -٢٧٣،١٥°س. (absolute zero)

صَفْق – يُصفِّق: يَفصِلُ مزيجًا من جامدٍ وسائلٍ بتركِ الجامدِ يترسّبُ

بالترويق ثمّ يُصَبُّ السائلُ الرائق. (decant)

صُفيحة، لُويحة (دمويّة): قُرصةٌ في الدم غيرُ منتظمةِ الشكل تُطلِقُ موادَّ كيماوية لِتخثُّر الدم. (platelet)

صِمامٌ ثُنائي: أنظر «دايود».

صِمامٌ ثُنائيٌ باعِثٌ للضوء، دايود ضَوّاء: صِمامٌ ثُنائيٌ يبعثُ الضوءَ عند مُرورِ تيّارٍ كهربائيٍّ فيه. (LED «light-emitting diode»)

صُهارة: صَخرٌ مَصهورٌ سائلٌ في دِثارِ الأرض وقِشرتِها يبرُدُ لِيُكوِّنَ صَخرًا ناريًّا. (magma)

صُهيرة، مِصْهَر: نُبيطةُ أمانٍ تُستخدَمُ في الدارات الكهربائية – وهي عبارةٌ عن سِلكٍ رقيعٍ ينصَهِرُ (فيقطعُ الدارةَ) إذا تجاوزَ التيّارُ حدًّا مُعيّنًا. (fuse)

صَوتٌ فوقَ السَّمعي: صوتٌ ذو تردُّدٍ فوقَ ما تستطيعُ الأُذنُ البشريّةُ استبانتَه. (ultrasound)

الصَّوتيّات: مَبْحَثُ ودراسةُ الصَّوت. (acoustics)

صورةٌ تقديريّة: صورةٌ تتكوَّنُ حيثُ يبدو أنَّ الأشِعّةَ الضوئيّةَ تتلاقى (في بُؤرةٍ تقديريّة)، كالصورة المُنعكِسة في المرآة. (virtual image) (قارِن «صورة حقيقيّة»).

صورةٌ حقيقيّة: صورةٌ تتكوَّنُ في بؤرةِ تلاقي الأشِعّةِ الضوئيّةِ فِعلًا (ولا يُمكِنُ عَرضُها على شاشة). (real image) (قارِن «صورة تقديريّة»).

صورةٌ صُغريّة، صورة مِجهريّة: صورةٌ أُخِذَت بالمِجهر. (micrograph)

صورةٌ بالمِجهر الإلكتروني: صورةٌ مُكبَّرة جدًّا لِجسمٍ بالمِجهر الإلكتروني. (electromicrograph)

صيغة: مجموعةُ رُموزٍ كيماويّة تُبيِّنُ تركيبَ المادّة الكيماويّة. (formula)

ض

ضار: أنظر «مُفترس».

ضَبابٌ تأفُقي: نوعٌ من الضَّباب الأفقيّ الانتِقال يتكوَّنُ عند مُرورِ جَبهةٍ من الهواء الدافئ الرَّطب فوقَ سطحٍ أبرد. (advection fog)

ضُخان: مزيجٌ سامٌّ من الدُّخان والضَّباب. (smog)

ضِدّ: أنظر «جِسمٌ مُضاد».

ضِديدُ الإعصار: منطقةُ ضغطٍ مُرتفِع تؤدّي غالبًا إلى طَقسٍ جيّد. (anticyclone)

ضَغْط: مِقدارُ القُوّة المؤثِّرة على وَحدةِ المساحة. (pressure)

ط

طابَعُ الصوت: أنظر «جَرْس».

طاقة: القُدرةُ على إحداثِ شُغل.

طاقةُ التَّنشيط: الطاقةُ اللازِمةُ لِبَدْءِ تفاعُلٍ كيماوي؛ وهي تختلِفُ للتفاعُلات المُختلِفة. (activation energy)

طاقةٌ جيوثرميّة، طاقةُ الحرارة الأرضيّة: طاقةٌ تُسخَّرُ لِتوليد القُدرة من حرارة الصخور في باطنِ الأرض. (geothermal energy)

طاقةُ الحرارة الأرضيّة: أنظر «طاقة جيوثرميّة».

طاقةُ الحركة: طاقة الجسم الناجِمةُ عن حركتِه. (kinetic energy)

طاقةٌ كامِنة: طاقة مُختزَنة للاستِخدام في وقتٍ لاحِق. (potential energy)

طاقة الوَضْع: الطاقةُ المُختزَنة التي يمتلِكُها الجسمُ بفضلِ موضِعِه أو حالتِه. (potential energy)

طَبَقُ السَّواتِل: هوائيٌّ طَبَقيُّ الشَّكل يتلقّى الإشاراتِ التي تبثُّها السَّواتِل. (satellite dish)

طبقة الصوت: أنظر «دَرَجةُ النغم».

الطحالب: نباتاتٌ بسيطة لا زَهريّة تنمو في البِرَك ومَناقِع المياه – كُلُّها يخضوريّة لا سوقَ ولا جُذورَ حقيقيّةً لها. (algae)

طَرَفُ توصيل، مِطراف: نُقطةُ توصيلٍ في إحدى مُقوِّمات الدارة الكهربائيّة. (terminal)

طَفاوة: أنظر «إكليل».

طَفْرة، تحوُّل مُفاجِئ: تغيُّرٌ عشوائيٌّ (يحدثُ اتِّفاقًا) في صبغيّات (كروموسومات) الخليّة. (mutation)

طُفَيلي: مُتعضٍّ يعيشُ على مُتعضٍّ آخر (يُسمّى العائل) يُتلِفُه أو يقضي عليه. (parasite)

الطِّلاءُ الكهربائي: تغطيةُ جسمٍ فِلزّيّ بِطبقةٍ رقيقةٍ من فِلزٍّ آخر بالكَهرَلة. (electroplating)

طَوْر، وَجه: أحدُ الأوجُهِ أو الأشكالِ الظاهريّة لِلقمرِ (أو الكوكبِ السيّار) نتيجةً لانعكاسِ نورِ الشمسِ عنها أو عن جُزءٍ منها. (phase)

طَوْر: إحدى الحالاتِ الثلاث التي تُوجَدُ فيها المادّة – الجُمودِيّة أو السُّيولة أو الغازيّة (البُخار). (phase)

طُولٌ مَوجي: المسافةُ بين ذُروةِ موجةٍ وذُروةِ موجةٍ تالية. (wavelength)

طَيّة: ثَنيةٌ في الطبقاتِ الصخريّة. (fold)

طَيف (ج. أطياف): توزيعٌ خاصٌّ مُتميِّزٌ للأمواج والتردُّدات، كالطَّيف الكهرمغنطيسيّ مثلًا. (spectrum)

طَيف كهرمغنطيسي: المَدى الكامِلُ للإشعاع الكهرمغنطيسي – أشِعّة جاما وأشِعّة إكس (الأشِعّة السِّينيّة)، والإشعاع فوق البنفسجي والضوء المَنظور والأشِعّة دونَ الحمراء والأمواج الصُّغريّة والأمواج اللاسِلكيّة (الراديويّة). (electromagnetic spectrum)

ظ

ظاهرةُ الدفيئات: ظاهرةُ احتباس الغازات في جوّ الأرض (بخاصةٍ ثاني أُكسيد الكربون) للحرارة كما في البيوت الزُّجاجيّة. وتَراكُمُ تأثيرِ هذه الظاهرة يؤدّي إلى التَّحمُّرِ العالَميّ. (greenhouse effect)

الظاهرةُ الطارديّة: أنظر «قُوّة طارِدة مَركزيّة».

الظاهرةُ الكَهرضَغطيّة: إنتاجُ الكهرباء بتسليط الإجهاد على بعض أنواع البِلّورات (كالكوارتز أي المَرْو مثلًا). (piezoelectric effect)

الظاهرة الكَهرضوئيّة: انبِعاثُ إلكتروناتٍ من سُطوحِ بعض الأجسام عند تسليطِ أو وُقوعِ الضوء عليها. (photoelectric effect)

ظِلٌّ، سُويداءُ الظِّلّ: الجُزءُ المركزيُّ المُعتِمُ من الظِّلّ الذي لا يسقُطُ عليه ضَوء. (umbra)

ع

عادَل – يُعادِلُ، يتعادَلُ، يُحيِّد: يجعلُ الحامِضَ أو القِلويَّ مُتعادِلًا، أي يُحيِّدُه فلا هو حَمْضيٌّ ولا قِلويّ. (neutralize)

عازِل: مادّةٌ تُقلِّلُ أو تمنَعُ سَرَيانَ الحرارة أو الكهرباء أو الصوت. (insulator)

عاشِب، آكِلُ العُشب: حيوانٌ يقتاتُ بالعُشب (أو النَّبْت). (herbivore)

عاكِسُ التيّار: نُبيطةٌ تعكِسُ اتجاهَ التيّار الكهربائي (في الدينامو). (commutator)

عاكِسُ الطَّور، مُقوِّمٌ عكسي: نُبيطةٌ تُستخدَمُ لتحويل التيّار المُستمِرّ إلى تيّارٍ مُتناوِب. (inverter)

عاكِسيّةُ الجِرم: أنظر «البَياض».

عامِلُ استِحلاب: أنظر «مُستَحلِب».

عامِلٌ مُختزِل: مادّةٌ تُسبِّبُ اختِزالَ مادّةٍ أُخرى (أي تُكسِبُها الهدروجين أو تُفقِدُها الأكسجين). (reducing agent)

عامِلٌ مُساعِد: أنظر «حَفّاز».

عامِلٌ مُؤكسِد: مادّةٌ تُسبِّبُ أكسدةَ مادّةٍ أُخرى. (oxidizing agent)

عَتاد (الحاسوب): الأجزاءُ الميكانيكيّة والإلكترونيّةُ من الحاسوب (الكمبيوتر). (hardware)

عَجَلة: أنظر «تسارُع».

عدّادُ جَيْجَر: جهازٌ يُستخدَمُ للكشف عن أنواعٍ مُعيّنةٍ من الإشعاع وقياسِها. (Geiger counter)

عِدانة، عِلمُ المَعادِن: دراسةُ المَعادِن. (mineralogy)

العددُ الذرّي: عددُ البروتونات في نَواة الذرّة المُعيّنة. (atomic number)

عدسة مُحدَّبة: عدسةٌ مُقوَّسة إلى الخارج (أثخَنُ في المركز منها في الأطراف). (convex lens; converging lens)

عدسة مُقعَّرة: عدسةٌ مُقوَّسة إلى الداخِل (في المركز أرقُّ منها في الجوانب). (concave lens)

عِرْس: أنظر «مُشيمة».

عَرْض (جُغرافي): أنظر «خطّ العرض».

عُشّة: موقِعٌ يشغَلُه الكائنُ الحيُّ في نِظامٍ بيئيّ. (niche)

عُصارة: أنظر «نُسْغ».

عَصَب: جُزءٌ من شبكة «الكُبول» الدقيقة التي تحمِلُ الرسائلَ من الجسم إلى الدّماغ ومن الدّماغ إلى العَضَلات. (nerve)

عَصَبون: خليّة عصبيّة. (neurone)

عصرٌ بَيْنَ جليدي: أنظر «بَيْن جليدي».

عصرُ الفضاء: عصرُ رِيادةِ الفضاء والسَّفَرِ في أجوائه. (space age)

عُضْو: جُزءٌ مُتكامِلٌ ذاتيًّا من مُتعضٍّ ذو وظيفةٍ مُحدَّدة، كالدّماغ أو القلب مثلًا. (organ)

عُضوي: صِفةٌ لِـ (١) مُركَّبٍ يحوي الكربون. (organic)
(٢) إنتاج الغذاء دونَ استِخدام المُخصِّبات الكيماويّة. (organic)

عُضَيّ: جُزَيئة عُضويّة مُتخصِّصة تؤلِّفُ قِسمًا من الخليّة النباتيّة أو الحيوانيّة. (organelle)

العَطالة، القُصور الذاتي، قُوّةُ الاستمرار: نُزوعُ الجسم إلى البقاء في حالة السُّكون أو استِمرار الحركة في خطٍّ مُستقيم ما لم تؤثِّر فيه قُوّة. (inertia)

عَظْم: نسيجٌ صَلْبٌ كجُزءٍ من الهيكل العظميّ للحيوان. (bone)

عُقدةٌ عصبيّة: مجموعة من الخلايا العصبيّة ضِمنَ غِلافٍ من النسيج الضامّ. (ganglion)

عِلمُ الأرصاد الجوِّيّة: دراسةُ الطقس. (meteorology)

عِلمُ البيئة: أنظر «البيئيّات».

علم الحياة، البيولوجية: عِلمُ ودراسةُ الكائنات الحيّة. (biology)

عِلمُ شكل الأرض: أنظر «الجيومورفولوجية».

علم الصُّخور: مَبحثُ ودراسة الصُّخور. (petrology)

عِلمُ طبقاتِ الأرض: أنظر «ستراتيجرافية».

عِلمُ الطبيعة: أنظر «الفيزياء».

علم الفَلَك: عِلمٌ يدرسُ النجوم والكواكبَ والأجرامَ الأُخرى في الفضاء. (astronomy)

عِلمُ الكون، علم الكونيّات: دراسةُ تركيبِ الكَون ونَشأتِه وأصلِه. (cosmology)

عِلمُ الكيمياء: أنظر «كيمياء».

عِلمُ المَعادِن: أنظر «عِدانة».

علم الوظائف: أنظر «الفسيولوجية».

عِملاقٌ أحمر: نَجمٌ في نهاية العُمر تضخَّمَ وبَرَد. (red giant)

عَمِيرة: أنظر «مُستعمَرة».

عناصِرُ نَزْرة: موادُّ كأيوناتِ النُّحاس والزِّنك والمَنغنيز تحتاجُها الكائناتُ الحيّة بكمّيّاتٍ ضئيلة. (trace elements)

عُنْصُر: مادّةٌ لا يُمكِنُ تفكيكُها إلى موادَّ أبسط بالتفاعُلات الكيماويّة. (element)

عُنقة: أنظر «تَزْبين».

عَوالِق: نباتاتٌ وحيواناتٌ دقيقة تعيشُ مُعلَّقةً على مَقرُبةٍ من السطح في المياه البحريّة والداخليّة. (plankton)

عوالِقُ حيوانيّة: الحيواناتُ الدقيقة (المِجهريّةُ غالبًا) التي تؤلِّفُ جزءًا من العوالِق البحريّة. (zooplankton)

عوالِقُ نباتيّة: نباتاتٌ دقيقة تؤلِّفُ جُزءًا من الكائنات الحيّة المُعلَّقة في الماء. (phytoplankton)

غ

غازٌ حيوي: غازٌ ينتُجُ من انحلالِ فَضَلاتِ النبات أو الحيوان بمعزِلٍ عن الهواء. (biogas)

غُدّة: عُضوٌ أو مجموعةُ خلايا تُنتِجُ موادَّ يستخدِمُها الجسم. (gland)

غَرَواني: مزيجٌ من جُسَيماتٍ دقيقة لِمادّةٍ مُشتَّتة في مادّةٍ أُخرى لا تذوبُ فيها. (colloid)

غِشاء: جِلدٌ رقيقٌ جدًّا. (membrane)

غِشاءٌ نِصفُ مُنفِذ: غِشاءٌ يسمَحُ بعُبورِ الجُزَيئات الدقيقة (كجُزَيئات المُذيب) ويمنَعُ عُبورَ الجُزَيئات الكبيرة (كجُزَيئات المُذاب). (semipermeable membrane)

غُضروف: نسيجٌ ضامٌّ غُضروفي تؤلِّفُ الأجزاءَ الطَّرَفيّة من الهيكل العظمي وبعضَ المَفاصِل. الهياكِلُ العظميّة لِبعضِ الأسماك كالقِرش والشَّفنين غُضروفيّةٌ بكامِلها. (cartilage)

غُفْل، دواءٌ تَمْويهي: مادّةٌ غيرُ فعّالةٍ تُعطى للمريض لِمُقارنةِ آثارِها بآثارِ المادّة العِلاجيّة. (placebo)

الغِلافُ (الجوّي) الخارجي: أنظر «إكسوسفير».

الغِلافُ الجوّي السُّفلي: أنظر «التروبوسفير».

الغِلافُ الجوّي المُتأيِّن: أنظر «الأيونوسفير».

الغِلافُ الحراري: أنظر «ثرموسفير».

الغِلافُ الحيوي: النِّطاقُ الأرضي والجوّ حيثُ تتواجَدُ الكائناتُ الحيّة. (biosphere)

الغِلافُ الصخري: الطبقةُ الأرضيّة التي تشمَلُ القِشرةَ والدِّثارَ العُلوي. (lithosphere)

الغِلافُ الطبقي: أنظر «ستراتوسفير».

الغِلافُ اللوني: طبقةُ الغازات في جوّ الشمس التي تسطَعُ باحمِرار. (chromosphere)

الغلاف المائع: النِّطاقُ اللَّيِّنُ من الدِّثار. (asthenosphere)

الغِلاف المُتوسِّط: أنظر «ميزوسفير».

الغِلافُ المغنطيسي: المَجالُ المغنطيسي حولَ نجمٍ أو كوكب. (magnetosphere)

غَلْفَن: طَلَى (الحديد) بالزِّنك لِوقايتِه من الصَّدأ. (galvanize)

غَلُوون: جُسيمٌ داخِلَ البروتونات والنيوترونات. الغَلُوونات تجعلُ الكواركاتِ تتماسَكُ معًا. (gluon)

غيمة سديميّة: أنظر «سديم».

ف

فأرةُ الحاسوب: نُبيطةٌ تُمسَكُ باليد تُستخدَمُ للتحكُّم في مؤشِّرٍ بِرقيّة الحاسوب. (mouse)

الفاصِلُ الطبقي: أنظر «ستراتوبوز».

فاعليّة إشعاعيّة: أنظر «إشعاعيّة».

فاعليّة (كيماويّة): أنظر «تفاعُليّة».

فَجّ: شَقٌّ أو فَلْقٌ في الحَجَر الجيري توسَّعَ بذوبان الصَّخر تدريجيًّا في ماءِ المطر. (grike)

فجوة: أنظر «فُرَيغة».
فحم الكوك: أنظر «كوك».
فرّازة طاردية، نابذة: نبيطةٌ تُستخدَمُ لِفصْل الموادِّ المتباينةِ الكثافة بتدويمها بسُرعةٍ فائقة. (centrifuge)
فراغ، خواء: حَيِّزٌ أو فضاءٌ خالٍ من المادّة. (vacuum)
فرضيّةُ جايا: نظريّةٌ مُفادُها أنّ الكائناتِ الحيّةَ على الأرض تؤلّفُ متعضيًا ضخمًا يتحكّمُ في الغلاف الحيوي. (Gaia hypothesis)
فرطُ المُغذّيات الأجَمي: فرطُ المُغذّيات في الماء، من المُخصِبات مثلاً، بما يؤدّي إلى فرطِ نماءِ النباتات المائيّة ونقصِ الأكسجين، وبالتالي موتِ الحيوانات المائيّة. (eutrophication)
فرقُ الجهد (الكهربائي): الفرقُ الطاقيُّ بين موقعَيْن في دارةٍ أو مجالٍ كهربائي. (potential difference)
فرقعةٌ صوتيّة: أنظر «دويّ جِدار الصوت».
فريسة: الحيوانُ المَصيدُ أو المُفترَس من قِبَل حيوانٍ آخر. (prey)
فُرَيغة، فجوة: جَيْبٌ كيسيٌّ مملوءٌ بمائعٍ في هيولى (سيتوبلازم) الخليّة. (vacuole)
الفسيولوجية، علمُ الوظائف: مَبحثُ ودراسةُ الوظائف التي تُميّزُ المتعضّيات (الكائنات الحيّة من نباتٍ وحيوان). (physiology)
فقاريّ، حيوانٌ فقاري: حيوانٌ ذو عمودٍ فقريٍّ (أو فقاريّ). (vertebrate)
فكّك - يُفكّك: يُحلّلُ المادّةَ العضويّةَ الميتة. (decompose)
فلزّ: واحدٌ من مجموعةِ العناصر الجيّدةِ التوصيل للحرارة والكهرباء، واللمّاعةِ عادةً. (metal)
فلزٌّ خزفيّ: مادّةٌ فلزّيّة خزفيّة صامدةٌ لدرجات الحرارة العالية جدًّا. (cermet)
فُلط: وحدةُ فرق الجهد أو وحدةُ القوّةِ الدافعة الكهربائيّة. (volt)
فُلط أمبير: مقياسُ الفلطيّة والتيّار. (voltammeter)
فُلطمتر: نبيطةٌ لقياس الفلطيّة (أي فرق الجهد بالفلط). (voltmeter)
فلقة: ورقةٌ بسيطة تؤلّفُ جزءًا من النبْت الناشئ (يُمكنُ تسميتُها ورقة البذرة). (cotyledon)
فلكنة: مُعالجةُ المطّاط للتّصليد بإحمائه مع الكبريت. (vulcanization)
فلوريّة، تفلور، تألّق: نورٌ تُصدِرُه ذرّاتٌ مُعيّنة عندما يصدمُها الإشعاعُ فوق البنفسجي. (fluorescence)
فوتوسفير: أنظر «سطح الشمس النيّر».
فوتون، كمٌّ ضوئي: جُسَيمٌ يتألّفُ منه الضوءُ وغيرُه من الإشعاعات الكهرمغنطيسيّة. (photon)
فوق البنفسجي: ضربٌ من الإشعاع الكهرمغنطيسيّ أمواجُه أقصرُ من أمواج الضوء المرئي. (ultraviolet)
فوق الصوتي: سُرعتُه تفوقُ سُرعةَ الصوت. (supersonic)
فُوَيهة: أنظر «ثُغيرة».
فيتامين، حَيَمين: مُركّبٌ عضويٌّ يتواجدُ في الأطعمة، ضروريٌّ لسلامةِ صحّة الجسم. (vitamin)
فيروس، حُمَة: جُسَيمةٌ مجهريّة تغزو الخلايا وتتكاثرُ فيها، مُسبّبةً المرضَ غالبًا. (virus)
فيرومون: مادّةٌ كيماويّة يُطلقُها الحيوانُ للتواصُلِ مع آخرَ بالشمّ. (pheromone)
الفيزياء، علمُ الطبيعة: دراسةُ خصائصِ المادّة وطبيعتِها وتفاعُلاتِ المادّةِ والطاقة. (physics)

ق

قارت: حيوانٌ يقتاتُ بالنبات والحيوان. (omnivore)
قاعدة: مُركّبٌ يتفاعلُ مع حامضٍ ليُعطي مِلحًا وماء. (base)
قالبٌ مَضبوب: أنظر «صبّة».
قتامين: أنظر «ميلانين».
قحط: أنظر «جفاف».
قُدرة: مُعدّلُ تغيُّر الطاقة (أو كميّةُ الشُّغل المبذول في وحدة الزمن). (power)
قُدرةٌ ضيائيّة: أنظر «سطوع».
قرنين: بروتينٌ يؤلّفُ القرونَ والأظافرَ والحوافرَ والشَّعرَ والريش. (keratin)
قزمٌ أبيض: بقايا صغيرةٌ كثيفة لنجمٍ مُندثر. (white dwarf)
قزم أسود: بقايا داويةٌ من نجمٍ ميْت. (black dwarf)(أنظر «قزم أبيض»).
قِشرة: أنظر «هيكل خارجي».
القشرة (الأرضية): السّطحُ الصخريّ الخارجي للأرض. (crust)
القصبة الهوائيّة: أنظر «الرُّغامى».
القصورُ الذاتي: أنظر «العطالة».
قُطب: أنظر «إلكترود».
قُطبٌ سماويّ: أحدُ النُّقطتَيْن في الكرة السماويّة اللتَيْن يظهرُ من الأرض أنّ النجومَ تدورُ حواليهما. (celestial pole)
قُطبا المغنطيس: نُقطتان في المغنطيس حيثُ التأثيرُ المغنطيسيُّ هو الأقوى. (magnetic poles)
قُلاح: ترسُّباتٌ على الأسنان تُفسِحُ المجالَ لنموّ البكتريا. (plaque)
قِلْو، قِلي: قاعدةٌ ذوّابةٌ في الماء. (alkali)
قِلويّ: صِفةُ محلولٍ أسُّهُ الهدروجينيّ أكثرُ من ٧. (alkaline)
قِلي: أنظر «قلو».
قمر: جِرمٌ صغيرٌ نسبيًّا يدورُ حولَ كوكب. (moon)
قمر (صُنعي): أنظر «ساتل».
قوّة: جُهدٌ يُحاولُ تغييرَ حركةِ الجسم أو شكلِه أو شكلِه. (force)
قوّةُ الاستمرار: أنظر «العطالة».
قوّةٌ جابذة: أنظر «قوّة جاذبة مركزيّة».
قوّةٌ جاذبة مركزيّة: القوّةُ التي تشُدُّ الجسمَ المُدوّمَ في دائرةٍ نحو مركز الدائرة. (centripetal force)
قوّةٌ دافعة كهربائيّة: فرقُ الجُهد في بطاريةٍ أو خليّةٍ الذي يدفعُ تيّارًا كهربائيًّا حولَ الدارة. (electromotive force)
قوّةٌ طاردة مركزيّة: القوّةُ التي يظهرُ أنّها تشُدُّ الجسمَ المُدوّمَ في دائرةٍ بعيدًا عن مركز الدائرة. (centrifugal force)
قوّة نابذة: أنظر «قوّة طاردة مركزيّة».
قوسُ الطول: أنظر «خطّ الطول».
قيريّ، بِتيوميني: حاوٍ القارَ أو الحُمَر - من المُنتجات النفطيّة. (bituminous)

ك

كابت: أنظر «مُثبّط».
كاتيون، شاردة مُوجبة: أيونٌ مُوجبُ الشّحنة الكهربائيّة. (cation)
كاثود، مَهبط: إلكترودٌ سالبُ الشّحنة. (cathode)
كاشف، مُشعِر، دليل: مادّةٌ تُبيّنُ الأسّ الهدروجينيّ لمحلولٍ بلونِها المُتغيّر في الحُموض والقلويّات. (indicator)
كاشفُ الذبذبة: جهازٌ يُبيّنُ الإشارات الكهربائيّة على شاشةٍ عَرْض. (oscilloscope)
كالوري، شُعر: وحدةُ طاقة. والكالوري المُستخدَم في علم التغذية هو الكالوري الكبير أو الكيلوكالوري = ١٠٠٠ شُعر. (calorie)
كامد: غيرُ مُنفِذٍ للضوء. (opaque)
كائنٌ رِمام: أنظر «رِمام».
كَثْفرة: أنظر «إشراقٌ كهربائي».
كُتلة: كميّةُ المادّة في جسمٍ ما. (mass)
الكُتلة الحيويّة (١) العددُ الكُلّي للمتعضّيات الحيّة في مساحةٍ مُعيّنة. (biomass)
(٢) مادّةٌ نباتيّة تُستخدَم كمصدرٍ للطاقة - مثلاً الخشب المُستخدَم لتوليد الحرارة. (biomass)
كثافة: كُتلةُ وحدةِ الحجم من المادّة. (density)
كثيف: عالي الكثافة. (dense)
كربون الفلور والكلور: غازاتٌ إذا انطلقت في الجوّ (من البرّادات والمرذّات مثلاً) تُسبّبُ ثُقوبًا في طبقة الأوزون. (CFC)
كربوهدرات: مركّبٌ يزوّدُ بالطاقة يتألّفُ من الكربون والهدروجين والأكسجين، ويوجدُ في الأطعمة السُّكّريّة والنشويّة كالبطاطا. (carbohydrate)
الكُرةُ السّماويّة: الكرةُ التخيّليّةُ التي يبدو من الأرض أنّ النجومَ تتواجدُ فيها. (celestial sphere)
كروموسوم، صِبْغيّ: بِنيةٌ تحوي الجينات (المُورِّثات) التي تُحدّدُ الصّفاتِ الوراثيّةَ المُميّزة للكائنِ الحيّ، وتُوجدُ في مَنظوماتٍ زوجيّة في نواةِ الخليّة. (chromosome)
كُريرة، كُريّةُ دمٍ حمراء. (erythrocyte)
كُريضة، كُريّةُ دمٍ بيضاء. (leucocyte)
كُسوف: كُسوفُ الشمس الكلّي أو الجُزئي عند مرورِ القمر بينَها وبين الأرض. (solar eclipse)
كَلَفُ الشمس: أنظر «البُقع الشمسيّة».
كلوروفيل: أنظر «يَخضور».
كمٌّ ضوئي: أنظر «فوتون».
كُمونٌ شتوي: أنظر «سُبات شتوي».
كُمون صيفي: أنظر «سُبات صيفي».
كميّةُ التحرّك، زخم: خاصيّةُ الجسم المُتحرّك وتُقاسُ بالزمن اللازم لقوّةٍ مُعيّنة لإيقافه (= حاصل ضرب الكُتلة في السُّرعة). (momentum) (قارن «عطالة»).
كميّة لامُتّجهة: كميّةٌ مقيسةٌ لاتجاهيّة، أي ذاتُ مقدارٍ فقط (كالكُتلة والزمن). (scalar quantity) (قارن «كميّة مُتّجهة»).
كميّة مُتّجهة، مُتّجه: كميّةٌ ذاتُ مقدارٍ واتّجاه كالقوّة مثلاً. (vector quantity) (قارن «كميّة لامُتّجهة»).
الكهربائيّةُ الساكنة: شحنةٌ كهربائيّة يحتويها الجسم، تنتُجُ باكتسابه الإلكترونات أو فقدِها. (static electricity)
كهرَل، إلكتروليت: مادّةٌ توصِلُ الكهرباءَ في حال الانصهار أو المحلول. (electrolyte)
كهرَلة، التحليلُ أو التحلُّل الكهربائي: تغيّرٌ كيماويّ في كهرَل (إلكتروليت) يُحدِثُه التيّارُ الكهربائي السّاري فيه. (electrolysis)
الكهرمائيّة: توليدُ الكهرباء بتسخير القُدرة المائيّة (طاقة المياه الجارية أو الساقطة) (hydroelectricity)
كُهيرِب: أنظر «إلكترون».
كوارك: أحدُ فئةٍ من الجُسيمات الدقيقة التي تؤلّفُ البروتونات والنيوترونات. (quark)
كوزر: أنظر «كويزار».
كوك: وَقودٌ يُحضَّرُ بإحماء الفحم في معزِلٍ عن الهواء، ويتألّفُ في غالبيّته من الكربون، لذا فهو يعطي طاقةً أكثر بكثيرٍ من الفحم. (coke)
كوكبٌ سيّار: جِرمٌ كبيرٌ يدورُ حولَ نجم. (planet)
كوكب صغير: أنظر «كُويكب».
كوكبة، بُرج: نمطٌ يتألّفُ من مجموعة نُجومٍ ثابتة الشكل والموقع بالنسبة إلى الأرض. (constellation)
الكون: الفضاءُ الشاملُ وكُلُّ شيءٍ فيه. (Universe)
كويزار، كوزر: اللُّبُّ الساطعُ لمجرّةٍ فتيّة - لعلّهُ قُرصٌ من الغاز الحارّ حولَ ثقبٍ أسودَ ضخم. (quasar)
كُويكب: جِرمٌ صخريٌّ يدورُ حولَ الشمس. تقعُ مُعظمُ الكُويكبات في الحِزام الكويكبيّ بين المرّيخ والمُشتري. (asteroid)
كيسةٌ أرَيْمية: كُرةٌ مُجزّأة من الخلايا. (blastocyst)
كيسة خَيطيّة: أنظر «حُويصلة خيطيّة».
كيماوي (ج. كيماويات): أنظر «مادّة كيماويّة».
كيمياء، علم الكيمياء: مَبحثُ المادّة وطبيعتها وتركيبها وما يتناولُها من تغيّرات. (chemistry)
كيمياءُ الأرض، الكيمياءُ الجيولوجيّة: دراسةُ كيمياءِ الأرض وتركيبِها. (geochemistry)
الكيمياء العضويّة: فرعُ الكيمياء المُختصّ بدراسة مُركّبات الكربون وتفاعلاتها وخصائصها. (organic chemistry)
الكيمياءُ اللاعضويّة: فرعُ الكيمياء المُختصّ بدراسة الكيماويات الخالية من الكربون - باستثناء الكربونات وثاني أكسيد الكربون. (inorganic chemistry)(قارن «الكيمياء العضويّة»).

ل

لابة كُتليّة: أنظر «آ آ».
لاحم: آكِلُ اللحم. (carnivore)
لاطئ (١) وصفٌ للحيوان المُلتصِق بموقعه فلا يُمكنُه التحوّلُ (كَشَقّار البحر). (sessile)
(٢) وصفٌ للنباتات عديمةِ السُّوق كالطحالب، أو للأزهار أو الأوراق العديمة العُنق. (sessile)
لاعضوي: غيرُ عضويّ أي لم يتخلّق بالنموّ الطبيعي. (inorganic) (قارن «عضوي»).
لافقاري: حيوانٌ عديمُ الصُّلب (أي عديمُ العمود الفقري). (invertebrate)
لاقمُ البكتريا: فيروسٌ طُفيليٌّ يلتهِمُ الجراثيم. (bacteriophage)
لاكوليت، صخرٌ اندساسيّ: كُتلةٌ من الصخر النّاريّ تدفعُ الصخرَ فوقَها على شكلِ قُبّة. (laccolith)
لامزوج: لا يمتزج - كالزيت والماء لا يمتزجان. (immiscible)
لِجنين، خَشَبين: مُكثور (بوليمر) في جُدران خلايا الأشجار والخشَبات (والشُّجيرات) يُكسِبُها خشبيّتها. (lignin)
لحاء (داخلي): النسيجُ الذي يحمِلُ الغذاءَ في النبات. (phloem)
لِحام، سبيكة لِحام: أشابةٌ أو سبيكةٌ (من القصدير والرصاص غالبًا) تُستخدَم لوصْلِ السُّطوح المعدنيّة معًا. (solder)
لُزوجة: مقياسٌ لِسُيوبة (سُهولة انسياب) الموائع. (viscosity)
لصاق، لصوق: مادّةٌ لزِقة، كالغِراء أو معجونٍ لاصق، تُستخدَمُ لضمِّ سطحَيْن معًا. (adhesive)
لصف: أنظر «فلوريّة».
لصوق: أنظر «لصاق».
لكتوز، سُكّرُ اللبن: سُكّرٌ يوجدُ في الحليب (اللبن). (lactose)
لمفاويّة، خليّة لمفيّة: كُريّةُ دمٍ بيضاء تُقاومُ جراثيمَ المرض. (lymphocyte)
لُويحة: أنظر «صُفيحة».
ليزر: نبيطةٌ تبثُّ حُزمةَ أشِعّةٍ ضوئيّة ساطعة (ليزر = تضخيم الضوء بانبعاثِ الإشعاع المُنشّط). (laser)
ليفٌ ضوئي: ليفٌ زُجاجيٌّ رفيع ينقُلُ الضوء. تُستخدَمُ الألياف الضوئيّة في الاتّصالات (بدلَ الأسلاك). (optical fibre)
ليفة: خليّةٌ نباتيّة مُتطاولة ثخينةُ الجدار. (fibre)
ليفة عضليّة: خُيوطٌ دقيقة تُوجدُ في الخلايا العضليّة. (myofibril)
ليلي، حيوانٌ ليليُّ النشاط: حيوانٌ ينشطُ ليلاً وينامُ خلالَ النهار. (nocturnal)

م

ماءٌ عسِر: ماءٌ لا يرغو فيه الصابونُ بسُهولة لاحتوائه أملاحَ الكالسيوم والمغنسيوم. (hard water)

ماءٌ يسر: ماءٌ خالٍ من أملاح الكالسيوم والمغنسيوم الذائبة. (soft water)
مادّة: كُلُّ ما هو ذو كُتلةٍ ويشغلُ حيّزًا. وتُطلقُ أيضًا على أيِّ تجمُّعٍ من جُسيماتٍ مادّيّة. (matter)
مادّة تنظيف: أُنظر «مُنظِّف».
مادّة غروانيّة: أُنظر «غرواني».
مادّة كيماويّة، كيماوي: مادّة يُمكنُها التغيُّر عند اتحادها أو مزجها مع مادّةٍ أُخرى. (chemical)
مادة مُغذّية: أُنظر «مُغذٍّ».
ماطورة شمسيّة: منظومةُ خلايا شمسيّة تجمعُ الطاقة من الشمس لاستخدامها في تسخين الماء أو توليد الكهرباء مثلًا. (solar panel)
مانعُ التأكسُد: أُنظر «مُضادّ التأكسُد».
مانع التعفُّن: أُنظر «مُطهِّر».
مائع: مادة سيّالة – أي هي سائلٌ أو بُخارٌ أو غاز. (fluid)
مبدأ ذرّيّة الطاقة: أُنظر «نظرية الكمّ».
مُبدِّل التيّار: أُنظر «عاكس التيّار».
مُبيدُ الآفات: مادةٌ تُستخدمُ لقتل الآفات كالحشرات والطحالب المُضرّة. (pesticide)
مُتأصِّل: أُنظر «شكل تأصُّلي».
مُتجدِّد أعظم: نجمٌ كبير مُتفجِّرٌ في نهاية عُمره. (supernova)
مُتّجه: أنظر «كمية مُتّجهة».
مُتعضٍّ: كائنٌ حيّ يتألّفُ من خليّةٍ واحدةٍ أو أكثر. (organism)
مُتعضٍّ صُغريّ، حُيَيٌّ مجهريّ: مُتعضٍّ دقيقٌ لا يُرى إلّا بالمجهر. (microorganism)
مُتغيِّر اللون بالضوء: صفةٌ للجسم (كعدسة النظارة مثلًا) التي يقتُم لونُه أو يتغيّرُ عند تعرُّضه للضوء ثمّ يستعيدُ لونه بزواله. (photochromic)
مُتفاعِلات: الموادُّ المُشاركة في تفاعُلٍ كيماويّ. (reactants)
مُتقدِّرة: عُضيٌّ يُولِّدُ الطاقة للخليّة. (mitochondrion)
مُتماكِن: أُنظر «نظير».
مُثبِّط، كابت: مادةٌ مُثبِّطةٌ لتفاعُلٍ كيماويّ. (inhibitor)
مثوًى: أُنظر «موطن».
مجال إلكتروستاتي: أُنظر «مجال كهروسكوني».
مجالُ القُوّة: المنطقة التي يظهرُ فيها تأثيرُ القُوّة. (force field)
مجال كهروسكوني، مجال إلكتروستاتي: مجالُ القُوّة المُحيطُ بجسمٍ مشحونٍ كهربائيًّا. (electrostatic field)
مجالٌ مغنطيسي: منطقةٌ حول المغنطيس يظهرُ تأثيرُه المغنطيسيُّ فيها. (magnetic field)
مجرّة: مجموعةٌ كبيرةٌ من النجوم والغُبار والغاز راخيةُ التماسُك معًا بالجاذبية. (galaxy)
(مجرّتُنا تُدعى دَرْب التبّانة).
مِجفاف، مُجفِّفة: وعاءٌ مُحكمُ السدّ يُستخدمُ لتجفيف الموادّ وحفظها جافّة. (desiccator)
مجموعةٌ بيئيّة: أُنظر «جماعة».
مِجهر، ميكروسكوب: جهازٌ لتكبير صُوَر الأجسام بواسطة منظومةٍ من العدسات. (microscope)
مِجهرٌ إلكتروني: مجهرٌ يستخدمُ حُزمةَ أشعّةٍ إلكترونيّة لتكوين صورةٍ مُكبّرةٍ جدًّا للجسم. (electron microscope)
مجهود: أُنظر «جُهد».
مُحصِّلة: حصيلةُ القوة الإجمالية الناتجةُ من تأثير قُوّتين أو أكثر في الجسم. (resultant)
محطّة فضائيّة: مركبةٌ فضائيّة فسيحةٌ مأهولة تدورُ حولَ الأرض مُجهّزةٌ لعيش الرُّوّاد وأعمالهم الاستقصائيّة. (space station)
محلول: مزيجٌ تختلطُ فيه جُزيئاتُ المُذاب بجُزيئات المُذيب. (solution)
محلولٌ مُعلَّق: أُنظر «مُستعلَق».
مِحمٌّ مُوصَد: وعاءٌ قويّ صامدٌ يُستخدمُ لإجراء تفاعُلاتٍ كيماويّة وتعقيمٍ تطهيريٍّ على درجة حرارةٍ وضغطٍ عاليَين. (autoclave)
محور: خطٌّ وهميّ يدور الجسمُ حوله. (axis)
محورُ الطيّ: الخط الذي يحصُلُ الطيُّ الصخريُّ عن طُوله. (axis)
مُحوِّل (كهربائي): نبيطةٌ تزيدُ الفُلطيّة أو تُخفِّضُها. (transformer)
مُحوِّل مُحفِّز: نبيطةٌ في السيّارة تستخدمُ حفّازًا لتحويل غازات العادم السامّة إلى غازاتٍ أقلّ ضررًا. (catalytic converter)
المحيطُ الحيوي: أُنظر «الغلاف الحيوي».
المخّ: الجُزءُ الرئيسيُّ من الدماغ في قمّة الجُمجمة يقومُ بمعالجة المعلومات والتحكُّم في نشاط الأعضاء الحيويّة. (cerebrum)
مخاريط: خلايا مخروطيّةُ الشكل في شبكيّة العين، حسّاسةٌ للضوء، تمكّننا من مُشاهدة الألوان. (cones)
مُخرَج: أُنظر «خَرْج».
مُخطط بلّوريّ: نمطٌ يتكوّنُ على لوحةٍ فوتوغرافية عند إمرار حُزمةٍ من الأشعّة السينيّة عبر البلّورة. (crystallogram)
مخلوط: أُنظر «مزيج».
المُخيخ: جُزءُ الدماغ في مؤخّر الجُمجمة يتحكّمُ في حركة العضلات والتوازُن. (cerebellum)
مدار: مسارُ جسمٍ ككوكبٍ أو ساتلٍ (قمرٍ صناعي) مثلًا حول جسمٍ آخر كنجمٍ أو كوكب. (orbit)
مداري: ذو مُناخٍ حارّ تتخلّله فتراتُ مطرٍ غزير. (tropical)
مُدخَل: أُنظر «دَخْل».
مِدفعةُ إلكترونات: نبيطةٌ تُنتجُ تيّارًا من الإلكترونات (يُسمّى شُعاعًا كاثوديًّا) تُستخدمُ في الأجهزة الإلكترونيّة كالتلفزيون مثلًا. (electron gun)
المُذاب، الذائب: المادةُ التي تذوبُ في المُذيب لتكوِّنَ المحلول. (solute)
مُذبذِب، هزّاز: جهازٌ يولِّدُ تيّارًا مُتناوبًا مُحدَّد التردُّد. (oscillator)
مُذنَّب، نجمٌ مُذنَّب: كُرةٌ من الغاز المُتجمِّد والغُبار تدورُ حولَ الشمس فينسابُ بعضُ الغُبار خلفَها (في الجهة المُضادّة للشمس) كالذَّنَب. (comet)
المُذيب: المادةُ (وهي غالبًا سائلة) التي يذوبُ فيها المُذاب لتكوين المحلول. (solvent)
مرجاف: أُنظر «سيزموميتر».
مُرشِّح: جهازٌ يُزيلُ المادةَ الجامدةَ من السائل. (filter)
مَرصَد: مبنًى يرصُدُ منه الفلكيّون الفضاءَ ويدرسونه. (observatory)
مرطمُ أمواج: جدارٌ أو سياجٌ خفيضٌ يُشادُ على طول الساحل ليمنع التحاتّ (التآكُل) الشاطئيّ. (groyne)
مُركَّب: مادةٌ يحوي الجُزيءُ منها ذرّتين أو أكثر من عناصرَ مُختلفة. (compound)
مُركَّب أليفاتي: مُركّبٌ عضوي يتألّفُ من سلاسلَ لاحلقيّةٍ من ذرّات الكربون. (aliphatic compound)
مُركَّب دُهني: أُنظر «مُركّب أليفاتي».
مِركَم: أُنظر «بطاريّة».
مُرونة: قُدرةُ المادة على المطّ أو (الامتطاط) والعودةِ ثانيةً إلى حالها الطبيعيّة بعد زوال المؤثّر. (elasticity)
مَزوج، خَلوط: يمتزجُ – يُقالُ في سائلين أو أكثر يختلطُ واحدُهما بالآخر أو بالأُخَر. (miscible)
مزيج، مخلوط: مادةٌ تحوي اثنين أو أكثر من العناصر أو المُركّبات غيرِ المُتّحدة معًا كيماويًّا. (mixture)
مِسبارُ رصدٍ لاسلكي: رزمةُ مُعدّاتٍ يحملُها إلى جوّ الأرض الأعلى بالونُ رصدٍ لجمع المعلومات عن الطقس. (radiosonde)
مُستحجِرة: أُنظر «أحفورة».
مُستحضَر بتروكيماوي: أُنظر «بتروكيماوي».
مُستحلِب، عاملُ استحلاب: مادةٌ تُستخدمُ لجعل سائلين لامزوجَين يمتزجان. (emulsifier)
مُستحلَب: جُسيماتٌ دقيقة من سائلٍ مُشتّتةٌ في سائلٍ آخر (لا تذوبُ فيه). (emulsion)
مُستعلَق، محلولٌ مُعلَّق: جُسيماتٌ دقيقة جدًّا من مادة جامدة غير ذوّابة مُشتّتةٌ بانتظام في سائلٍ (أو غاز)، كالمحاليل الغروانيّة (أو الدخان). (suspension)
مُستعمَرة، عَميرة: مجموعةٌ كبيرةٌ من المُتعضّيات من نوعٍ واحدٍ تعيشُ معًا. (colony)
المُستوى الغذائي: وضعُ (أو مُستوى) الحيوان في سلسلةٍ (أو شبكةٍ) غذائيّة. (trophic level)
مَسرى: أُنظر «إلكترود».
مِسْيَل: أُنظر «هيدرومتر».
مُشاكهة، مُشابهة شكليّة: تطوُّر النوع النباتي أو الحيواني بحيثُ يُشابهُ شكلَ نوعٍ آخر. (mimicry)
مَشبَك، تشابُكٌ عصبي: موصلٌ بين خليّتين عصبيّتين. (synapse)
مُشعِر: أُنظر «كاشف».
مَشيج، عِرس: خليّةٌ تناسُليّة (جنسيّة) كالنُّطفة (المَنيّ) أو البُويضة. (gamete)
مَصْعَد: أُنظر «أنود».
مَصْلُ الدم: أُنظر «بلازما (١)».
مَصنَع: أُنظر «وحدة صناعيّة».
مِصْهَر: أُنظر «صُهيرة».
مُضادُّ التأكسُد: مُركّبٌ يُضافُ إلى الأطعمة واللدائن لمنعها من التأكسُد أو التلف أو الانحلال. (antioxidant)
مُضافة: مادةٌ تُضافُ بكميّاتٍ قليلة، بخاصّةٍ إلى طعامٍ أو شراب، للتحسين – مثلًا لتغيير اللون أو الطعم. (additive)
مطرٌ حِمضيّ: مطرٌ أُحمِض بتفاعُل ماء الجوّ مع الحوامض المُنبعثة من محطّات توليد القُدرة وعوادم السيّارات. (acid rain)
مِطراف: أُنظر «طرف توصيل».
مُطلِقٌ للحرارة: تفاعُلٌ كيماويٌّ يُنتجُ حرارة. (exothermic)
مُطهِّر، مانعُ التعفُّن: يقتُلُ البكتيريا. (antiseptic)
مِطياف، مِكشافُ الطيف: جهازٌ بصريٌّ يُحلِّلُ الضوءَ المُنبعثَ من جسمٍ إلى طيفه. (spectroscope)
المِعى الأعوَر، المُفرَغة: جَيبٌ جِرابيٌّ في مِعى الحيوان تُهضَمُ فيه الأغذيةُ النباتيّة. (caecum)
مُعاملُ الانكسار، دليلُ الانكسار: نسبةُ سُرعة الضوء في وسطٍ ما إلى سُرعته في الوسط الآخر عند انكسار شُعاعٍ ضوئي. (refractive index)
مُعايرة بالتحليل الحجمي: طريقةٌ لإيجاد تركيز المحلول بالتحليل الحجمي. (titration)
مُعايرةُ التركيز: أُنظر «مُعايرة بالتحليل الحجمي».
مُعايشة: مُتعضّيان أو أكثر تعيشُ معًا دون أن يُلحِقَ أحدُهما ضررًا بالآخر أو الآخرين. (commensalism)
مُعتدل (مُناخيًّا): لطيفُ الطقس صيفًا ومُعتدلُ البرودة شتاءً. (temperate)
مَعدِن: مادةٌ تتواجدُ طبيعيًّا وليست نباتيّة أو حيوانيّة – مثلَ الصخر والخامات الفلزّيّة والفحم والنفط والغاز الطبيعي. (mineral)
مِعطَر: أُنظر «رحيق».
مُغذٍّ، مادّة مُغذّية: مادةٌ في الطعام يستخدمُها النباتُ أو الحيوان للنُّموّ. (nutrient)
المغنطيسيّة: قوةُ الجذب أو التنافُر اللامنظورة بين بعض الموادّ – وبخاصّةٍ الحديد. (magnetism)
مِقياسٌ ثُماني: مقياسٌ لتقدير الغطاء الغيميّ. الغطاءُ الغيميُّ أوكتا واحد حين ثُمنُ السماء مُغطّى بالغيوم. (okta scale)
مُفاعليّة: أنظر «تفاعليّة».
مُفترِس، ضارٍ: حيوانٌ من الضواري يعيشُ على صيد الحيوانات الأُخرى وافتراسها. (predator)
مُفكِّك عضوي: أنظر «حالٌّ عضوي».
مُقاوِم، مُقاومٌ كهربائي: مُركّبةٌ أو عُنصرٌ في دارةٍ كهربائيّة يُقاومُ سريان التيّار فيها. (resistor)
مُقاوم حراري: أُنظر «ثرمستور».
مُقاومٌ ضوئيُّ الاعتماد: مُقاوِمٌ تزدادُ مُقاومتُه بازدياد شدّة الضوء الواقع عليه. (LDR «light-dependent resistor»)
مُقاوم كهربائي: أُنظر «مُقاوِم».
مُقاومة: مقياسُ مُمانعة المُركّبة أو العُنصر الكهربائي في الدارة لسريان تيّارٍ كهربائي. (resistance)
مُقاومةُ المائع: القُوّةُ التي تُبطئُ حركة الجسم السائر عبر سائلٍ أو غاز. (drag)
مُقاومة مُتغيِّرة: أُنظر «ريوستات».
مُقاومةُ الهواء: القُوّةُ التي تُقاومُ حركةَ جسمٍ في الهواء. (air resistance)
مُقوِّمٌ عضبي: أُنظر «عاكس الطور».
مقياس بوفورت: مقياسٌ سُلّميُّ التدريج من صفر (هادئ) إلى ١٢ (إعصار) لقياس سُرعة الريح. (Beaufort scale)
مقياسُ ريختر (أو رِختَر): مقياسُ شدّة الزلازل (عدادُه من صفرٍ إلى تسعة). (Richter scale)
مقياسُ كلفن. (Kelvin scale) (أنظر «المقياس المُطلَق»).
مقياس مِركلي: مقياسٌ يُحدِّدُ شدّة الزلزلة (من ١ إلى ١٢ درجة). (Mercalli scale)
المقياسُ المُطلَق: المقياسُ المُطلق لدرجات الحرارة، ويُعرفُ بمقياس كلفن. يبدأ بالصفر المُطلق، ووحدتُه الكلفن. (absolute scale)
مِكثاف السوائل: أُنظر «هيدرومتر».
مُكثِّف سَعَويّ: أُنظر «مُواسِع».
مُكثَّور، بوليمر: مُركّبٌ عضويّ ذو جُزيئاتٍ طويلة تتألّفُ من كثيرٍ من المونومرات (الوحدات البنائيّة). (polymer)
مِكشاف: دارةٌ في مُستقبلٍ راديويّ تستخلصُ الإشارات الصوتيّة (الذبذبية المُضمّنة) من الموجة الراديوية (الحاملة). (detector)
مِكشافُ الطيف: أُنظر «مِطياف».
مِكشافٌ كهربائي: أُنظر «إلكتروسكوب».
ملاحةٌ وسَبرٌ صوتي: أُنظر «سونار».
ميلانين، قتامين: خِضابٌ بُنيٌّ (أسمر) يتواجدُ في الجلد والشعر والعينين. (melanin)
مُلتهمُ الجراثيم: أُنظر «لاقم البكتيريا».
مِلح (١) مُركّبٌ يتكوّنُ من تفاعُل حامضٍ وقاعدة. (salt)
(٢) الاسمُ الشائع لكلوريد الصوديوم. (salt)
(٣) مالح، مِلحيّ. (salty)
مُلغَم: سبيكةٌ (أشابة) من الزئبق وفلزٍّ آخر كالقصدير. (amalgam)
مِلفٌ لولبي، وشيعة: ملفٌّ سلكيّ يُنتجُ مجالًا مغنطيسيًّا عندما يسري فيه تيّارٌ كهربائيّ. (solenoid)
مُماكِب: أُنظر «أيزومير».
المُفرَغة: أُنظر «المعى الأعور».
مُناخ: ظروفُ الطقس المُعتادة على مدى فترةٍ زمنيّةٍ طويلة في منطقةٍ مُعيّنة. (climate)
مِنبذة: أُنظر «فرّازة طارديّة».
مُنخفَض (جوّي): منطقةٌ مُنخفضةٌ ضغط الهواء ممّا يُنذرُ بطقسٍ مُتغيِّرٍ غالبًا. (depression)
مَنشور: أُنظر «موشور».
منطقةُ البروج: أُنظر «دائرة البروج».
منطقةُ الركود: أُنظر «التروبوبوز».
مِنظارٌ داخلي: جهازٌ يُستخدمُ لفحص باطن الجسم. (endoscope)
مُنظِّف، مادّة تنظيف: مادةٌ تُضافُ إلى الماء، فتُساعدُه في إزالة الشحم

والزيت. (detergent)

مُنظمةُ الأرصادِ العالميّة: وكالةٌ تابعة لهيئة الأمم المتّحدة هدفُها توحيدُ وتنسيق الخدماتِ الارصاديّة في العالَم (تأسّست عام ١٩٥١). (WMO)

مُنعكس: ردٌّ فعلٍ تلقائيٌّ لشيءٍ او مُؤثّرٍ او مُنبّه. (reflex)

مُنوِّب، مُنوِّبة: مُولّد كهربائي للتيّار المُتناوب. (alternator)

مَهبِط: أنظر «كاثود».

مُواسِع، مُكثِّف سَعَوي: نَبيطةٌ تُستخدَم لتخزين الشّحنةِ الكهربائية مُؤقّتًا. (capacitor)

مُواسَعة، سَعةُ المُكثِّف: القُدرةُ على تخزينِ الشّحنات الكهربائية. (capacitance)

مَوجة زِلزاليّة، موجة رَجفيّة: موجةٌ تنتقلُ عبرَ الارض، تُحدِثُها زلزلةٌ او انفجار. (seismic wave)

موجة صُغريّة: نوعٌ من الإشعاع الكهرمغنطيسي. والأمواجُ الصُّغريّةُ هي أمواجٌ راديويّة قصيرة جدًّا. (microwave)

موجة طُوليّة او طُولانيّة: موجةٌ تهتزُّ (تتذبذبُ) فيها جُسيماتُ الوسَطِ في اتجاهِ مَسارِ الموجة. (longitudinal wave)

موجة مُستعرِضة: موجةٌ تهتزُّ (تتذبذبُ) فيها جُسيماتُ الوسَطِ في اتجاهٍ مُتعامِدٍ مع اتجاهِ مَسارِ الموجة. (transverse wave)

مُوحود: جُزيءٌ هو الوحدةُ البنائيّةُ لمكثور (بوليمر). (monomer)

مُورِّثة: أنظر «جينة».

مورد: مادةٌ يُمكنُ استخدامُها لإنتاجِ او عملِ شيءٍ مُفيد. الزيتُ والفحم مِن الموارد الطبيعيّة. (resource)

مَوشور، مَنشور: كُتلةٌ شفّافةٌ بخاصّةٍ، مُثلّثةُ المَقطعِ العَرْضيّ. (prism)

مُوصِدة: أنظر «بخمٌ مُوصِد».

مُوصِّلٌ فائق: مادةٌ عديمةُ المُقاومة الكهربائيّة على درجات الحرارة المُنخفضة جدًّا. (superconductor)

موطن (بيئي)، مَثْوى: الموطنُ الطبيعيُّ لحيوانٍ او نَبات. (habitat)

مُول، جُزَيء غرامي: كميّةٌ من المادة تحوي نفسَ العددِ من الذرّاتِ او الجُزيئات الذي تحويه كميةُ ١٢ غرامًا من الكربون ١٢. (mole)

مُولِّد، مُولِّد كهربائي: نَبيطةٌ تُحوِّلُ الطاقةَ الميكانيكيّة إلى كهرباء. (generator)

مُؤلِّفة: آلةٌ تُؤلّفُ أنغامًا موسيقيّةً إلكترونيًّا. (synthesizer)

ميزوسفير، الغلافُ المُتوسِّط: جُزءُ الجوِّ بين ٥٠ و ٨٠ كيلومترًا فوق سطحِ الأرض. (mesosphere)

ميكروسكوب: أنظر «مِجهر».

مَيلين، نُخاعين: مادةٌ دُهنيّةٌ تتواجدُ حولَ الألياف العَصَبيّة. (myelin)

ن

نابذة: أنظر «نَزازة طارديّة».

ناظِمُ التيّار: أنظر «ريُوستات».

نَبات: مُتعضٍّ يَحوي الكلوروفيل. (plant)

نَبّاض كَوني: أنظر «بُلسار».

نَتْح، ارتشاح: فَقْدُ الماءِ مِن النَّبات بالتبخُّر (بخاصّةٍ مِن الثُّغَيرات). (transpiration)

نَجْم: جِرمٌ سَماويٌّ يَنبعثُ الطاقةَ مِن تفاعُلاتٍ نوويّةٍ في جَوفِه. (star)

نَجمٌ بِدائيّ: سَحابةٌ او سَديمٌ غازيٌّ على وَشْكِ التحوُّلِ إلى نَجْم. (protostar)

نَجمٌ قيفاوي: نجمٌ ذو دورةِ نُصوعٍ مُتغيِّرة. (Cepheid star)

نَجمٌ مُذنَّب: أنظر «مُذنَّب».

نَجْوٌ مُتحجِّر: رَوثٌ مُتحجِّر. (coprolite)

النُّخاعُ الشَّوكي: حُزمةُ أعصابٍ تمتدُّ من الدّماغ عبرَ العمودِ الفِقاري. (spinal cord)

نُخاعين: أنظر «مَيلين».

نُسْغ، عُصارة: السائلُ الذي يَسري في أجزاءِ النبات حاملًا الماءَ والغِذاء. (sap)

نَسَقٌ شَبَكيٌّ بِلّوري: نَسَقٌ نَمَطيٌّ مُتكرِّر مِن الذرّات او الأيونات التي تؤلّفُ البِلّورة. (crystal lattice)

نَسيلة: مُتعضّيان طَبقان أو أكثر تشتركُ في الجيناتِ نفسِها تمامًا. (clone)

نَسيجٌ خَشَبي، خَشَب: نسيجٌ وعائيٌّ يحمِلُ الماءَ (والأملاحَ المعدنيّةَ الذائبةَ فيه) إلى مُختلفِ أجزاءِ النَّبات. (xylem)

نَسيج (عُضوي): مجموعةٌ من الخلايا المُتماثلة تَقومُ بوَظيفةٍ مُعيّنة، (مثلًا النسيج العَضَلي). (tissue)

النَّشا: مَكثور (بوليمر) كربوهيدراتي يوجدُ في النباتات، يؤلّفُ جُزءًا مُهمًّا من غذاءِ الإنسان. (starch)

نَشاط إشعاعي: أنظر «إشعاعيّة».

نَشَفَ – يَنشُفُ: أنظر «جَفَّفَ».

نِصفُ كُرة: خطُّ الاستواءِ يقسِمُ الأرضَ إلى نِصفَي الكُرةِ الشّمالي والجَنوبي. (hemisphere)

النُّصوعُ الظاهِري: سُطوعُ النجمِ كما يَبدو من الأرض. (apparent magnitude) (قارِن «النُّصوع المُطلَق»).

النُّصوعُ المُطلَق: قياسُ السُّطوع (القُدرة الضِّيائيّة الفِعليّة) للنَّجم. (absolute magnitude) (قارِن «النُّصوع الظاهري»).

نَصٌّ: أنظر «تشغيل».

نَضْح، إدماع (نباتي): فَقْدُ الماءِ مِن سطحِ النباتِ كسائلٍ لا كبُخار. (guttation)

نِطاقُ الرَّهْوِ الاستوائي: منطقةٌ على طولِ خطِّ الاستواء حيثُ تتلاقى الرِّياحُ التجارية وتُشكِّلُ منطقةً راكدةً أو قليلةَ الرِّياح. (doldrums)

نِظامٌ بيئي: منطقةٌ مُتميِّزةٌ في الغلافِ الحيوي تحوي كائناتٍ حيّةً – مثلًا بُحيرة أو غابة. (ecosystem)

نِظامُ التَّسمِية الثُّنائيّة: نِظامُ تسميةِ المُتعضّي باسمَين – الأوّلُ إسمُ الجِنس والثاني إسمُ النوع. (binomial system)

نِظامٌ ثُنائي: نِظامٌ عدديٌّ حِسابيٌّ يستخدِمُ رقمَي الصِّفر (٠) والواحِد (١) فقط. (binary system)

النِّظامُ الشَّمسي: الشمسُ والكواكبُ التي تدورُ حولَها (مع أقمارِها) والأجسامُ الأخرى في الفضاء التي تتحكّمُ جاذبيّةُ الشمسِ في حركاتِها. (solar system)

نِظامُ العَدِّ الثُّنائي: أنظر «نِظامٌ ثُنائي».

نَظريّةُ الكَمّ: مفادُها أنّ الضوءَ وغيرَه مِن الإشعاعاتِ الكهرمغنطيسيّة تتألّفُ من تيّارِ فوتوناتٍ يحمِلُ كُلٌّ منها كميّةً مُعيّنةً من الطاقة، (وتُعرَفُ أيضًا بمبدأ ذَرّيّة الطاقة). (Quantum theory)

نَظير، مُتماكِن: ذرّةٌ من العُنصرِ نفسِه تحوي العددَ نفسَه من البروتونات لكنْ عددًا مُختلفًا من النيوترونات. (isotope) (العنصرُ ونظائرُه تشغَلُ المكانَ نفسَه في الجدولِ الدوري).

نَظير، مُناظِر: مُناظِرٌ لكميّةٍ بِمُلطِّفٍ كهربائيّةٍ مُتغيِّرة. (analogue) (قارِن «رَقمي»).

نَغَشان: أنظر «الحركة البراونيّة».

نُقطةُ الانصِهار: درجةُ الحرارة التي يتحوّلُ فيها الجامِدُ إلى سائل. (melting point)

نُقطةُ التجمُّد: درجةُ الحرارة التي عندَها تتحوّلُ المادّةُ (المُعيّنة) من سائلٍ إلى جامِد. (freezing point)

نُقطةُ الغَليان: درجةُ الحرارة التي يتحوّلُ فيها السائلُ إلى غاز. (boiling point)

نَقْل: أنظر «توصيل».

نُواة (١) الجُزءُ المَركزي من ذرّةٍ يتألّفُ من بروتوناتٍ ونيوترونات. (nucleus)

(٢) جِسمٌ يَحوي المادةَ الوراثيّة في الخليّة، يُوجدُ داخلَ مُعظمِ الخلايا في النباتاتِ والحيوانات. (nucleus)

نُواةُ النُّواة: أنظر «نُوَيّة».

نَوع: مجموعةٌ مُتماثِلةُ الشَّكلِ من المُتعضّيات يُمكنُها التوالُدُ فيما بينَها. (species)

نُوَيّة، نُواةُ النُّواة: جِسمٌ دقيقٌ مُستديرٌ كثيفٌ داخلَ نُواةِ الخليّة. (nucleolus)

النِّيداريّات: حيواناتٌ لافقاريّة تهاجِم فرائسَها بخُيَيطاتٍ لاسعة. (cnidarians)

نَيزَك، شِهاب: عِبارةٌ من الفضاء تحترِقُ عندَ دُخولِها جوَّ الأرض مُحدِثةً خطًّا ضوئيًّا. (meteor)

نيوترون: جُسَيمٌ في نُواة الذرّة لا يحمِلُ شحنةً كهربائيّة. (neutron)

نيوتن: وحدةُ قوّةٍ تُسرِّعُ كُتلةَ الكيلوغرام مترًا في الثانية كُلَّ ثانية. (newton)

هـ

هابِطة (كهربائيّة): أنظر «كاثيون».

هالة: أنظر «إكليل».

هامُ الميزوسفير: جُزءُ الجوِّ على ارتفاع ٨٠ كيلومترًا عن سَطحِ الأرض، وهو الحدُّ الأعلى للميزوسفير (الغِلاف المتوسِّط). (mesopause)

هِجرة، ارتحال: انتقالُ بعضِ الحيوانات إلى مواقعَ أخرى طلبًا للغِذاء او الدفء او الوساعةِ او مكانًا مُلائمًا للتوالُد. (migration)

هُدبة، هُدْب: شُعيراتٌ دقيقة تُغطّي سطحَ الكثيرِ من المُتعضّيات الصغيرة. (cilium «pl. cilia»)

هِدروكربون: مُركّبٌ كيماويٌّ يتألّفُ من الكربون والهدروجين فقط. (hydrocarbon)

هِرتز: وحدةُ التردُّد، ومِقدارُها دورةٌ واحدة في الثانية. (hertz)

هُرمون، هورمون، حاثّة: رَسولٌ كيماويٌّ يدورُ مع مَجرى الدم ويتحكّمُ في وظائفِ الجِسم. مُعظَمُ الهرموناتِ تفرِزُها غُددٌ صمّاءُ مُباشرةً في الدم. (hormone)

هَزّاز: أنظر «مُذبذِب».

هـ س، الأسُّ الهيدروجيني، الرَّقم الهيدروجيني: قياسٌ لحُموضةِ المحلول أو قَلَويّتِه – مداهُ من ١ إلى ١٤ (الرقمُ ٧ لمَحلولٍ مُحايِد، ما فوقَه قاعدي وما دونَه حامِضي). (pH)

هَضْم: تحليلُ الطعامِ في جهازِ الهَضْم وتفكيكُ الجُزيئاتِ العُضويّةِ الكبيرة إلى جُزيئاتٍ بسيطةٍ يُمكنُ سَرَيانُها إلى مَجرى الدم. (digestion)

هِلالة، سطحٌ هِلالي: السطحُ العُلويُّ المُقوَّسُ لسائلٍ في أنبوبٍ رفيع. (meniscus)

هورمون: أنظر «هُرمون».

هَيدرولي، سائلي: يَعملُ بانتقالِ الضغطِ عبرَ سائل. (hydraulic)

هَيدرومتر، مِسْيَل، مِكثاف السّوائل: جهازٌ يقيسُ كثافةَ السوائل. (hydrometer)

هَيكلٌ خارجي، قِشرة: القِشرةُ الخارجيّةُ لكثيرٍ من اللافقاريّات، كالحشرات. (exoskeleton)

هَيكلٌ داخلي: أنظر «هَيكل عظمي باطني».

هَيكل (عظمي): الهيكلُ العظميُّ والغُضروفيُّ في الفقاريّات، الذي يدعمُ الجِسمَ ويَحمي أعضاءَه. (skeleton)

هَيكلٌ عظميٌّ باطِني، هيكل داخلي: الهيكلُ العظميُّ الداخلي في الفقاريّات. (endoskeleton)

هيموغلوبين، يَحمور: مُركّبٌ في كُرَيّاتِ الدم الحمراء يحمِلُ الأكسجين إلى مُختلفِ أنسجةِ الجِسم. (haemoglobin)

هَيولى الخليّة، سيتوبلازم: مُحتوياتُ الخليّة باستثناءِ النُّواة. (cytoplasm)

و

واط: وحدةُ القُدرة (= جُول في الثانية). (watt)

وَجه (القمر): أنظر «طَور (١)».

وَحدةٌ صِناعيّة، وَحدةُ إنتاجٍ صِناعي، مَصنَع: الأرضُ والمباني والمَكَناتُ المُستخدَمة لتنفيذِ عمليّةٍ صِناعيّة. (industrial plant)

وَحدةُ المُعالَجة الرئيسيّة: «دماغ» الحاسوب حيثُ تتمُّ مُعالجة البيانات. (CPU)

وَحدةُ مُناوَرة راندِيّة: رَحْلٌ كامِلُ التجهيزات الحياتيّة والحَركيّة يستخدِمُه الرُّوّادُ للحركة في الفضاء. (manned manoeuvring unit)

وَرقةُ البِذرة: أنظر «فِلقة».

وَريد (ج. أوردة): عِرقٌ او وعاءٌ دمويٌّ يحمِلُ الدمَ من بعضِ أجزاءِ الجِسم عَودًا إلى القَلب. (vein)

وَزْن، ثِقَل: القوّةُ التي تنجذِبُ بها كُتلةُ الجِسم نحوَ مَركزِ الأرض. (weight)

وَسيط كيماوي: أنظر «حفّاز».

وَشيعة: أنظر «مِلَفٌّ لولبي».

وِعاء شَعري: أنظر «شُعَيري».

وَقودٌ أُحفوري: وَقودٌ تكوّنَ على مَدى ملايين السّنين من بقايا الكائناتِ الحيّة – مِثلُ الفحم والنِّفط. (fossil fuel)

ي

يَحمور: أنظر «هيموغلوبين».

يَخضور، كلوروفيل: خِضابٌ أخضرُ في النباتاتِ الخضراء يَمتصُّ الضَّوءَ ليوفّرَ الطاقةَ لعمليّة التخليق الضَّوئي. (chlorophyll)

يَرقانة، يَرقة: المَرحلةُ الثانية من حياةِ الحشرة بينَ البُيَيضة والخادِرة او بينَ البيضة والحشرةِ البالغة (كاليُسروع مثلًا). (larva)

فهرس

أرقامُ الصفحات **الغامقة** تُشير
إلى المداخل الرئيسيّة.

أ

ب

ت

ث

ج

ح

س

ش

ن

هـ

و

ي